สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ระบบเฝ้าระวังสำหรับตู้อบทารกแรกคลอด

# MONITORING SYSTEM FOR INFANT INCUBATOR

โดย

นายคณิต สุวรรณวงศ์

นายอภินันท์ ใจขาน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....71947.....
วัน,เดือน,ปี.....6 มิ.ย. 2550

b.11760767x
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบเฝ้าระวังสำหรับตู้อบทารกแรกคลอด

# MONITORING SYSTEM FOR INFANT INCUBATOR


โดย

นายคณิต สุวรรณวงศ์ เลขประจำตัว 47015200

นายอภินันท์ ใจขาน เลขประจำตัว 47015234

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชูชาติ ปัณฑวิรุจน์


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเฝ้าระวังสำหรับตู้อบทารกแรกคลอด


ผู้จัดทำ

| | |
|---|---|
| 1. นายคณิต สุวรรณวงศ์ | เลขประจำตัว 47015200 |
| 2. นายอภินันท์ ใจขาน | เลขประจำตัว 47015234 |


.....

( รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ )

อาจารย์ที่ปรึกษา


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบเฝ้าระวังสำหรับตู้อบทารกแรก

นาย คณิต สุวรรณวงศ์ รหัส 47015200
นาย อภินันท์ ใจขาน รหัส 47015234
รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

## บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ อธิบายการออกแบบและการสร้าง ระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบทารกแรกคลอด โดยประกอบด้วยวงจรหลักสามส่วน คือ 1.วงจรวัดความชื้นและอุณหภูมิแสดงผลโดยเซเว่นเซกเมนต์ 2. กล้องวงจรปิดไร้สายแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ 3. วงจรเครื่องสำรองไฟฟ้าเมื่อไฟฟ้าปกติดับ โดยการทำงานของวงจรทุกส่วนนี้จะใช้กล้องไร้สายสังเกตุการเปลี่ยนแปลงของทารกในตู้อบพร้อมทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นที่อ่านได้ และทำการบันทึกวิดีโอผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เฉพาะเมื่อเด็กมีการเคลื่อนไหว และจ่ายไฟสำรองเมื่อไฟฟ้าดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Monitoring System For Infant Incubator

Mr. Kanit Suwanwong ID.47015200

Mr. Apinan chaikhan ID.47015234

Asoc. Prof. Dr. Chuchart Pintavirooj Advisor

Educational Year 2006

**Abstract**

This report describes a design and construction of Remote Monitoring System For Infant Incubator consist of three main parts. Which are temperature circuit and humidity circuit show result on seven-segment display and close circuit result on computer display. By operate system at two parts close circuit detect change of infant in oven set temperature and humidity at the same time from result, and record on video by computer infant movement only. And drain storage power when electric off.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

หลังจากการทำโครงงานนี้ทำให้ผู้จัดทำได้รับความรู้มากมาย ทั้งเรื่องเขียนโปรแกรมภาษา Delphi, ไมโครคอนโทรลเลอร์, Digital Image Processing และรู้จักอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ซึ่งความรู้ดังกล่าวนี้ได้มาจากคำแนะนำของผู้มีอุปการะหลาย ๆ ท่าน ตั้งแต่อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ สำหรับคำแนะนำและเอื้ออำนวยสถานที่ เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงานชิ้นนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ ปริญญาโทในภาคอิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ ท่าน ที่ช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้หยิบยืมเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงานชิ้นนี้เสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาคอิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ ท่าน ที่ช่วยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีอุปการะทุกท่าน

นายคณิต สุวรรณวงศ์

นายอภินันท์ ใจขาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูปภาพ | VII |
| สาบัญตาราง | XII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับโครงงาน | |
| 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ | 3 |
| 2.1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 3 |
| 2.1.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช | 6 |
| 2.1.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช | 20 |
| 2.1.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช | 32 |
| 2.1.5 เพาเวอร์ออนรีเซต (Power-On Reset) | 33 |
| 2.1.6 โหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 36 |
| 2.2 UPS | 39 |
| 2.2.1 ความหมายของ UPS | 39 |
| 2.2.2 คุณภาพกำลังไฟฟ้า ( Power Quality ) | 40 |
| 2.2.3 นิยามและคำจำกัดความบางส่วนที่สำคัญเกี่ยวกับระบบ UPS | 49 |
| 2.2.4 การแบ่งประเภท UPS ในการใช้งาน | 52 |
| 2.3 ประมวลผลภาพ Image Processing | 64 |
| 2.3.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข ( Digital Image Processing ) | 64 |
| 2.3.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล | 64 |
| 2.3.1.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล | 65 |
| 2.3.2 การปรับปรุงภาพ Image Enhancement | 66 |
| 2.3.2.1 การยืดคอนทราส ( Contrast Stretching ) | 66 |
| 2.3.2.2 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ ( Digital Negative ) | 70 |
| 2.3.2.3 การแบ่งระดับความเข้ม ( intensity Level Slicing ) | 71 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)


2.3.2.4 การแยกบิท ( Bit Extraction ) 72

2.3.2.5 การบีบย่าน ( Range Compression ) 73

2.3.2.6 การหักลบภาพและการตรวจการเปลี่ยนแปลง 74

2.3.3 การสร้างแบบฮิสโตแกรม ( Histogram Modeling ) 74

บทที่ 3 เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 76

3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 76

3.2 โครงสร้างหลักของ เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 76

3.2.1 เซ็นเซอร์ 76

3.2.2 ภาคการประมวลผล 76

3.2.3 ภาคการแสดงผล 77

3.2.4 แหล่งจ่ายไฟ 78

3.3 การหลักการทำงานของวงจรวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 78

3.3.1 เซ็นเซอร์ 79

3.3.2 ภาคการประมวลผล 83

3.3.3 ภาคการแสดงผล 93

3.3.4 แหล่งจ่ายไฟ 94

บทที่ 4 โปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอดด้วย Delphi 98

4.1 คุณสมบัติของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 98

4.2 โครงสร้างของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 98

4.3 การทำงานของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 99

4.4 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม 103

บทที่ 5 เครื่องสำรองไฟสำหรับตู้อบเด็กทารก 105

5.1 คุณสมบัติของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด 105

5.2 โครงสร้างหลักของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด 105

5.2.1 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ 106

5.2.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ 106

5.3 การทำงานของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด 106

5.3.1 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ 106


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)


5.3.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ 108

5.3.2.1 การออกแบบภาคควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ด้วย PSoC 109

5.3.2.2 การออกแบบทางซอฟแวร์ใน PSoC 110

5.3.2.3 การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่รับสัญญาณควบคุมจาก PSoC 120

5.3.2.4 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ที่รับสัญญาณควบคุมจาก PSoC 122

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ 124


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์ 4

รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 4

รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89Cxx 8

รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89Sxx 9

รูปที่ 2.5 รายละเอียดโครสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชของ Atmel 11

รูปที่ 2.6 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในอนุกรม AT89C5x 11

รูปที่ 2.7 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 16

รูปที่ 2.8 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 16

รูปที่ 2.9 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 18

รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 19

รูปที่ 2.11 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 22

รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 24

รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบ แฟลช 24

รูปที่ 2.14 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)


| | | |
|---|---|---|
| รูปที่ 2.15 | การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช | 26 |
| รูปที่ 2.16 | โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 | 27 |
| รูปที่ 2.17 | การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR) | 27 |
| รูปที่ 2.18 | วงจร(Power-On Reset) | 34 |
| รูปที่ 2.19 | การจัดขาของไอซีสร้างสัญญาณรีเซต | 35 |
| รูปที่ 2.20 | การต่อไอซี DS1833 เพื่อสร้างสัญญาณรีเซตให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 | 35 |
| รูปที่ 2.21 | รูปคลื่นของแรงดันไฟเกิน | 41 |
| รูปที่ 2.22 | รูปคลื่นของแรงดันไฟตก | 42 |
| รูปที่ 2.23 | รูปคลื่นของแรงดันไฟดับ | 42 |
| รูปที่ 2.24 | รูปคลื่นตัวอย่างของของแรงดันไฟกระชาก | 43 |
| รูปที่ 2.25 | รูปคลื่นของแรงดันที่เกิดออสซิลเลตชั่วขณะ | 44 |
| รูปที่ 2.26 | รูปคลื่นของแรงดันไฟตกชั่วขณะ | 45 |
| รูปที่ 2.27 | รูปคลื่นของแรงดันไฟเกินชั่วขณะ | 45 |
| รูปที่ 2.28 | รูปคลื่นของแรงดันไฟกระพริบ | 46 |
| รูปที่ 2.29 | รูปคลื่นของแรงดันที่มีองค์ประกอบของแรงดันไฟตรง | 46 |
| รูปที่ 2.30 | รูปคลื่นกระแสของแหล่งจ่ายที่มีฮาร์มอนิกปะปนของวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟส | 47 |
| รูปที่ 2.31 | รูปคลื่นของแรงดันที่มีการเกิดน็อตช์ | 47 |
| รูปที่ 2.32 | รูปคลื่นของสัญญาณรบกวนของแรงดันที่สายกำลังในสภาวะไฟตก | 48 |
| รูปที่ 2.33 | รูปคลื่นของแรงดันกระเพื่อม | 49 |
| รูปที่ 2.34 | รูปคลื่นของแรงดันที่มีการเปลี่ยนความถี่ | 49 |
| รูปที่ 2.35 | การสร้างสัญญาณไฟสลับเทียมด้วยอินเวอร์เตอร์อย่างง่าย | 51 |
| รูปที่ 2.36 | ลักษณะรูปคลื่นของ UPS แบบสี่เหลี่ยม ( Squre Wave ) | 53 |
| รูปที่ 2.37 | ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นสี่เหลี่ยมดัดแปลง | 54 |
| รูปที่ 2.38 | ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นสี่เหลี่ยมแบบระดับขั้น | 54 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)


รูปที่ 2.39 ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นไซน์ 55
รูปที่ 2.40 แผนผังการทำงานของสแตนบายด์ UPS 56
รูปที่ 2.41 แผนผังการทำงานของไลน์อินเตอร์แอกตีฟ UPS 58
รูปที่ 2.42 แผนผังการทำงานของสแตนบายด์-เฟอร์โร UPS 59
รูปที่ 2.43 แผนผังการทำงานของดับเบิ้ลคอนเวอร์ชั่นออน-ไลน์ UPS 60
รูปที่ 2.44 แผนผังการทำงานของเดลต้าคอนเวอร์ชั่นออน-ไลน์ UPS 61
รูปที่ 2.45 การยืดคอนทราส 67
รูปที่ 2.46 ตัวอย่างการยืดคอนทราส 68
รูปที่ 2.47 การขลิบ 69
รูปที่ 2.48 การทำเทราสโชว์ 69
รูปที่ 2.49 การขลิบและการทำเทรสโชว์ 70
รูปที่ 2.50 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ ( Negative ) 70
รูปที่ 2.51 ตัวอย่างการกลับขาวเป็นดำ ( Negative ) 71
รูปที่ 2.52 การแบ่งระดับความเข้ม 71
รูปที่ 2.53 ตัวอย่างการแบ่งระดับความเข้ม 72
รูปที่ 2.54 ภาพที่ได้รับการแยกบิท 73
รูปที่ 2.55 การบีบย่าน 74
รูปที่ 2.56 ฮิสโตแกรมของภาพชนิดต่างๆ 75

บทที่ 3 เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 76
รูปที่ 3.2 วงจรวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ 78
รูปที่ 3.3 แสดงรูปร่างของโมดูล SHT 15 และการจัดขา 79
รูปที่ 3.4 วงจรภาคประมวณผล 84
รูปที่ 3.5 วงจรภาคแสดงผล 93
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของ7-Segment เบอร์ TOS-23101AS-B 93
รูปที่ 3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ 94
รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ (ภาคแสดงผลและภาคจ่ายไฟ) ด้านบน 95


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)


รูปที่ 3.9 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ (ภาคแสดงผลและภาคจ่ายไฟ) ด้านล่าง 96

รูปที่ 3.10 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์(ภาคประมวลผล) 97

บทที่ 4 โปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอดด้วย Delphi

รูปที่ 4.1 โครงสร้างของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 98

รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 99

รูปที่ 4.3 โฟลวชาร์ตโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด 100

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม 103

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม 104

บทที่ 5 เครื่องสำรองไฟสำหรับตู้อบเด็กทารก

รูปที่ 5.1 หลักการทำงานของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด 105

รูปที่ 5.2 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ 106

รูปที่ 5.3 การลงอุปกรณ์วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ 107

รูปที่ 5.4 ลายวงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ(Mirror) 107

รูปที่ 5.5 บล็อกไดอะแกรมของอินเวอร์เตอร์ในเครื่องสำรองไฟ 108

รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ด้วย PSoC 109

รูปที่ 5.7 การลงอุปกรณ์ของวงจรที่ใช้ในการทดลองอินเวอร์เตอร์แบบ PWM 109

รูปที่ 5.8 วงจรที่ใช้ในการสร้างอินเวอร์เตอร์แบบ PWM 110

รูปที่ 5.9 การกำหนดค่า Global Resources 111

รูปที่ 5.10 การกำหนดค่า PWMDB16 สำหรับควบคุมเฟส1 และเฟส2 ของคอนเวอร์เตอร์ 111

รูปที่ 5.11 การกำหนดค่า Counter16 112

รูปที่ 5.12 การกำหนดค่า พอร์ตต่างๆ ใน PSoC 112


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 5.13 การกำหนดค่าของ PWM16 ทั้งสองตัวสำหรับสร้างสัญญาณควบคุม Inverter 113
รูปที่ 5.14 การเชื่อมต่อสายสัญญาณภายใน PSoC 113
รูปที่ 5.15 สัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุม Converter ที่ขา 3 และ 4 ของ PSoC 119
รูปที่ 5.16 สัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุม Inverter ที่ขา 1 และ 2 ของ PSoC 120
รูปที่ 5.17 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์ 121
รูปที่ 5.18 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์ 122
รูปที่ 5.19 สัญญาณที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ขณะต่อโหลด 100 W 123
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโปรเซสเซอร์ 5

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิตขึ้นและใช้ในการอ้างอิงในหนังสือเล่มนี้ 10

ตารางที่ 2.3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของ Atmel 15

ตารางที่ 2.4 การเลือกแบงก์หน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับ รีจิสเตอร์แบงก์ R0 - R7 29

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าข้อมูลที่เกิดขึ้นของรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลังเกิดการรีเซต 34

ตารางที่ 2.6 แสดงลักษณะของไฟกระชากตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 43

ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะของการเกิดออสซิลเลตตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 44

บทที่ 3 เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับควบคุม การทำงานของโมดูล SHT 15 68

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเวลาที่โมดูล SHT 15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล 69

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าคงที่ท่างอุณหภูมิตัวที่ 1 และ 2 ( d1 และ d2) เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้ 70

ตารางที่ 3.4 การกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่า ความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้ 71

บทที่ 4 โปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอดด้วย Delphi

บทที่ 5 เครื่องสำรองไฟสำหรับตู้อบเด็กทารก

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันการแพทย์ได้มีบทบาทต่อการเป็นอยู่ในการใช้ชีวิตของมนุษย์ ซึ่งเทคโนโลยีการแพทย์สมัยใหม่มีการใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์รักษาผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยมีอัตราเสี่ยงในการรักษาน้อยลง เนื่องจากเครื่องมือมีประสิทธิภาพมากขึ้น

โครงงานนี้ก็เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีการแพทย์ที่ได้ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และด้าน Digital Image Processing มาช่วยในการดูแลและเฝ้าระวังสำหรับเด็กทารกแรกคลอด ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการช่วยเหลือแพทย์ดูแลเด็กทารกให้ทั่วถึง อีกทั้งยังมีการเก็บข้อมูลต่างๆ เกี่ยวทารกได้อย่างครบถ้วนรวมถึงระบบเตือนภัยต่าง ๆ ภายในตู้อบเด็กทารกแรกคลอดพร้อม กระนั้นยังมี UPS สำหรับสำรองไฟภายในตู้อบในกรณีไฟดับหรือมีการเคลื่อนย้ายตู้ในขณะที่เด็กยังอยู่ในตู้อบ

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีด้าน Digital Image Processing มาประยุกต์ใช้ในการบันทึกการเคลื่อนไหวของเด็กทารกในตู้อบซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์สำหรับแพทย์ เนื่องจากข้อมูลได้ถูกเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว

เพื่อให้ใช้ความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการแสดงข้อมูลอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบเด็กทารก

เพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีการเชื่อมต่อแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านการแพทย์

เพื่อศึกษาวงจรสำรองไฟฟ้า ที่ใช้อินเวอเตอร์แบบพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นสำรองในตู้อบเด็ก

### ขอบเขตการทำงานของโครงงาน

ได้สร้างเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ใส่ในตู้อบเด็กทารกแรกคลอดโดยได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 เป็นตัวประมวลผลของค่าที่วัดได้ โดยแสดงผลทาง 7 – Segment ขนาด 2.3 นิ้ว มีความละเอียดของค่าดังกล่าวเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ได้ใช้กล้องแบบไร้สายเป็นตัวสังเกตเด็กทารกและค่าของอุณหภูมิ ความชื้นที่อ่านได้ในตู้อบเด็กทารกแรกคลอดแสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังมีการเขียนโปรแกรมด้าน Image Processing เพื่อบันทึกการเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติ ลงในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกลงเครื่องบันทึกวิดีโอเทปแบบปรกติ เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปได้ง่ายขึ้น พร้อมกระนั้นยังมีการเตือนภัยในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เตือนเมื่อเด็กมีการเคลื่อนไหว เป็นต้น

อีกทั้งได้สร้างเครื่องสำรองไฟภายในตู้อบเด็กทารกแรกคลอดสำหรับเวลาไฟดับและเวลาต้องการเคลื่อนย้ายเด็กขณะอยู่ภายในตู้อบ โดยใช้อินเวอเตอร์ที่สร้างสัญญาณไซน์ เพื่อขับโหลดที่เป็นมอเตอร์และคอยล์ความร้อนได้ดี

**ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

ความรู้เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถติดต่อกับโมดูลแบบ I2C และการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่วัดอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์และยังมีการเขียนโปรแกรม Delphi 7 ได้ทั้งการเชื่อมติดต่อกับกล้องและการใช้โปรแกรม Delphi 7 ในการเขียนการประมวลผลเชิงเลขของภาพ รวมถึงเรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์และการเขียนวงจรในอุปกรณ์โดยใช้โปรแกรม Proteus

อีกทั้งได้ความรู้จากการศึกษาและออกแบบอินเวอเตอร์ ซึ่งความรู้ที่ได้นี้ได้แก่ การมอดดูเลทแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น การเขียนโปรแกรมติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์PSoC ซึ่งจะมีประโยชน์สำหรับผู้จัดทำโครงงานอย่างมาก

และมีประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาโครงงานนี้ เพราะโครงงานนี้สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับโครงงาน

## 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.1.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ( microcontroller ) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณอินพุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ " ไมโคร " ( micro ) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ ( microprocessor ) ซึ่งเป็นอุปรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู ( CPU : Central Processing Unit ) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ( ALU : Arithmatic Logic Unit ) วงจรเชื่อมโยงต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า " คอนโทรลเลอร์ " ( controller ) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุมดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

**ความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์**

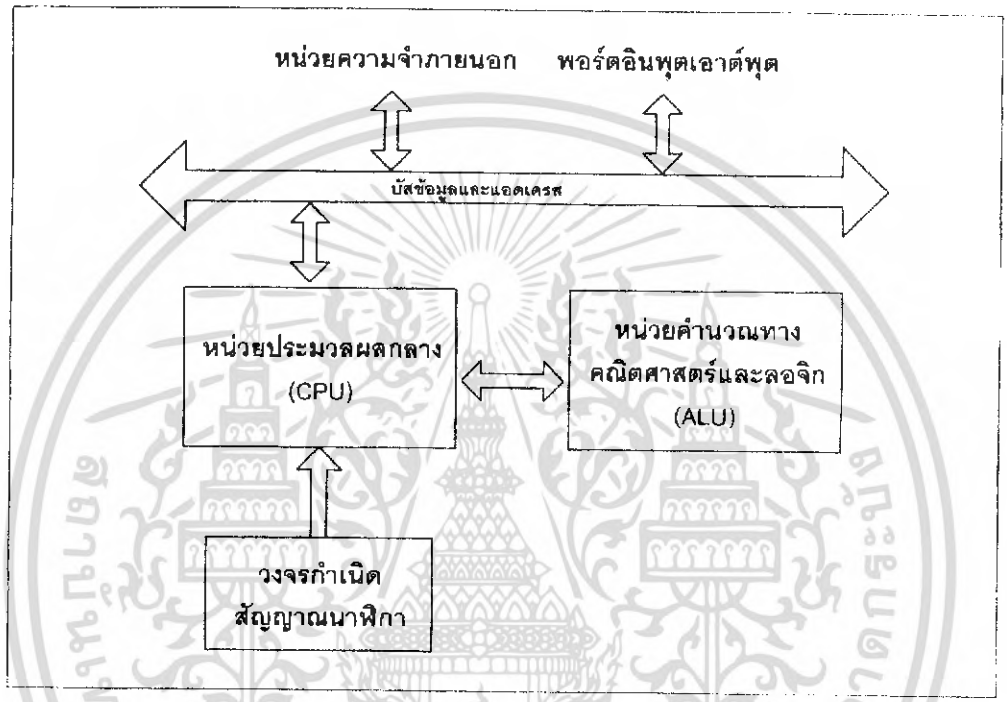
ในรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยคำนวลทางคณิตศาสตร์และลอจิก บัสข้อมูลและแอดเดรสสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นั่นหมายความว่าการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าหากต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า **ไอซีขยายพอร์ต ( port expander )** ทำให้การสร้างระบบควบคุมจึงต้องการอุปกรณ์จำนวนมาก ส่งผลให้ขนาดของระบบใหญ่พอสมควร

ในรูปที่ 2. 2 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ หากแต่จะบรรจุหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และพอร์ตอินพุตไว้ภายในพร้อมสรรพ ผู้ใช้งานจึงเพียงแต่เขียนโปรแกรมควบคุมลงบนตัวไมโครคอนโทรเลอร์ แล้วต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

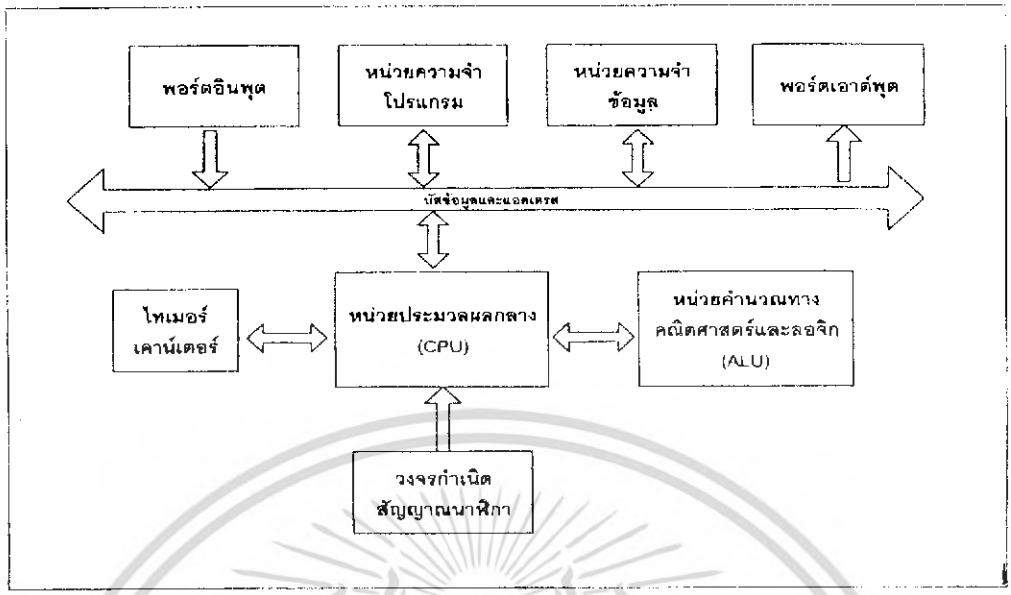
วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อาทิ คริสตอล ตัวเก็บประจุ เป็นต้น สุดท้ายเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตเข้ากับขาพอร์ต เพียงเท่านี้ก็สามารถใช้งานได้แล้ว

อย่างไรก็ตาม ไมโครคอนโทรเลอร์ก็สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้เช่นกัน โดยพิจารณาให้หน่วยความจำภายนอกนั้นเป็นอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตตัวหนึ่ง แล้วใช้พอร์ตที่มีอยู่ทำการติดต่อ ในตารางที่ 2.1 เป็นตารางสรุปความแตกต่างที่สำคัญระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอลโทรลเลอร์




รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

| คุณสมบัติ | ไมโครโปรเซสเซอร์ | ไมโครคอนโทรลเลอร์ |
|---|---|---|
| ขนาดของหน่วยประมวลผลกลาง | ไม่น้อยกว่า 8 บิต | ส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิต |
| หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก | มีอยู่ภายใน | มีอยู่ภายใน |
| วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา | มีอยู่ภายใน | มีอยู่ภายใน |
| การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม | เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น | ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก |
| การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูล | เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น | ใช้ได้ทั้งภายในและภายนอก |
| การเชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุต | เชื่อมต่อภายนอกเท่านั้น | มีอยู่ภายในและสามารถขยายได้ |
| ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ | ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก | มีอย่างน้อย 1 ตัวขนาด 8-16 บิต |
| วอตช์ด็อกไทเมอร์ | ไม่มีในซีพียูขนาดเล็ก | มีอย่างน้อย 1 ตัว |
| จำนวนขาที่ต่อใช้งาน | ไม่น้อยกว่า 40 ขา | มีตั้งแต่ 8 ขาขึ้นไป |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์

**จะเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อใด ?**

ถ้าเป็นการสร้างระบบควบคุมขนาด 8 บิต มีความต้องการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไม่มากนัก ( น้อยกว่า 10 แบบ )ควรเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และถ้าหากต้องมีการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ต้องใช้หน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 8 กิโลไบต์ ทั้งยังมีความต้องการเก็บรักษาข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูลมากเป็นกิโลไบต์ควรออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบควบคุมนี้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ถ้าหากต้องใช้งานกับข้อมูลมากกว่า 8 บิตตลอดเวลา และต้องการความเร็วในการทำงานสูงๆ สามารถติดต่อหน่วยความจำได้เป็นจำนวนมากๆ ติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตได้จำนวนมากมายในเวลาเดียวกันควรเลือกใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ดังเห็นได้จากในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหัวใจหลักในการทำงาน ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำได้มากเป็นหน่วยกิโลไบต์ ขนาดของข้อมูลสูงถึง 64 บิต

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์เหมาะสำหรับการสร้างระบบควบคุม ในขณะที่ไมโครโปรเซสเซอร์เหมาะสำหรับการสร้างระบบประมวลผลข้อมูลความเร็วสูงและระบบควบคุมที่มีขนาดใหญ่มากๆ

### 2.1.2 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่ใช้เรียนรู้ในหนังสือเล่มนี้จะอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบเฟรช ( flash memory ) ของ Atmel Corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอยโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบเฟรช ทำให้สามารถลบแล้วเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ
2. ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม
3. บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

5. ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า **การโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ ( In – system programming )** ทำการให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรืออัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้อย่างสะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นบานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเทล ,ซีเมนส์ หรือ ดัลลัส

**คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS- 51 อนุกรม AT89xx**

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบเฟรชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำเป็นอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาร์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89xx
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89xx

ในรูปที่ 2 – 3 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในอนุกรม AT89xx จะเห็นได้ว่าโครงสร้าง AT89xx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟรชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอมและบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงอย่างเดียว

สำหรับในรูปที่ 2 . 4 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่า มีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89Cxx อยู่หลายส่วน อาทิ วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่าการใช้โปรแกรมในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกตัวเป็นไทเมอร์ 2 และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

ในตารางที่ 2 . 2 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้น และมีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

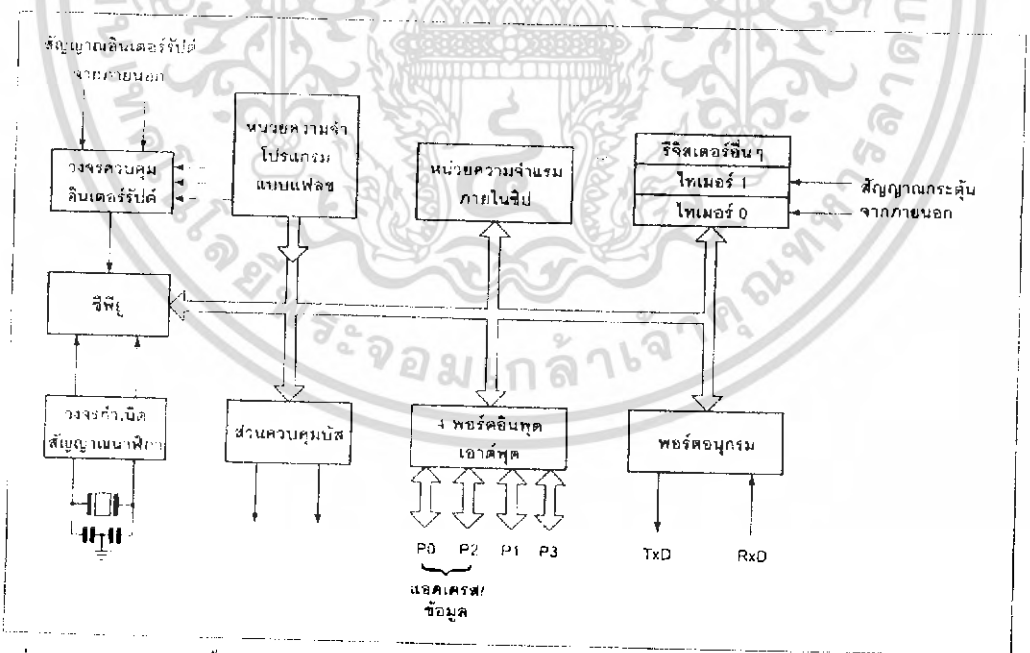
**การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 . 5 และ 2 . 6 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

**ขา Vcc** ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

**ขา GND** เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

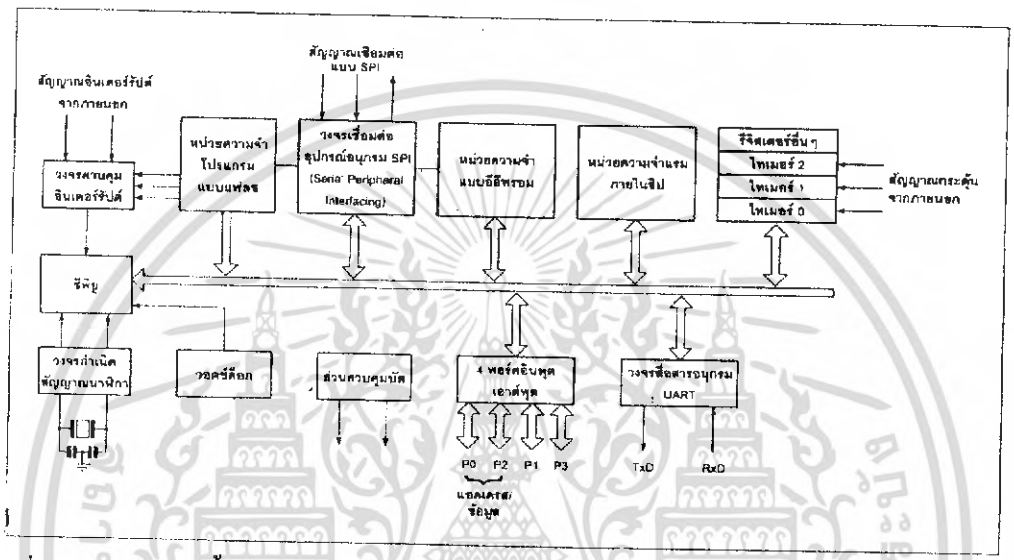
**ขาพอร์ต 0 ( P0.0 – P0.7 )** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล " 1 " ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย ( float ) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงหน่วยความจำภายนอก ( A0 – A7 ) และขาข้อมูล ( D0 - D7 ) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล




รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลชในอนุกรมAT89Cxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขาพอร์ต 1 ( P1.0 - P1.7 )** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นขาอินพุต สามารถทำได้โดนการเขียนข้อมูล " 1 " ไปยังแต่ล่ะบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ




รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89Sxx

**ขาพอร์ต 2 ( P2.0 – P2.7 )** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล " 1 " ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะลอย ( float ) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตได้ นอกนั้นขาพอร์ตนี้ยังลูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก ( A8 - A15 )

**ขาพอร์ต 3 ( P3.0 - P3.7 )** มี 8 ขา แต่ละขากำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล " 1 " ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะลอย ( float ) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

**P3.0** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**P3.1** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

**P3.2** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0

**P3.3** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

**P3.4** ใช้เป็นขารับอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

**P3.5** ใช้เป็นขารับอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปจากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

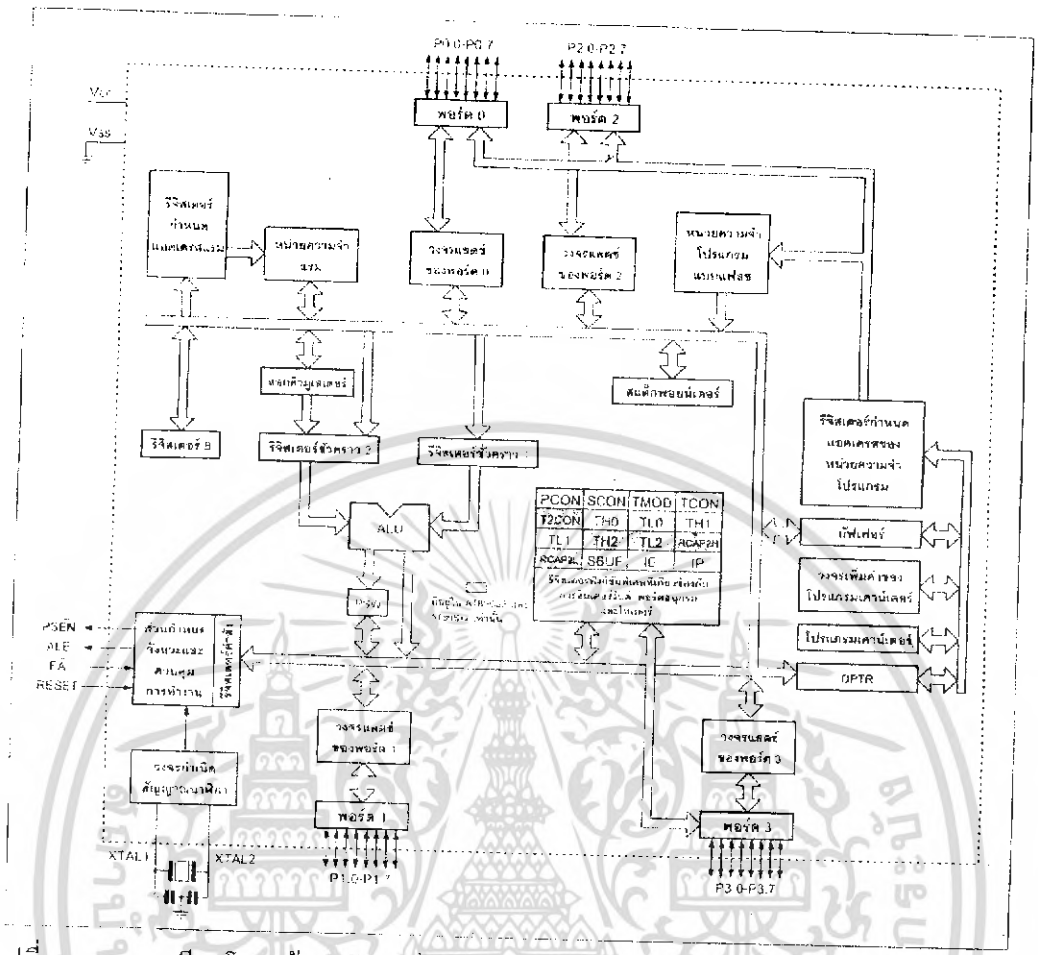
**P3.6** ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก

**P3.7** ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก

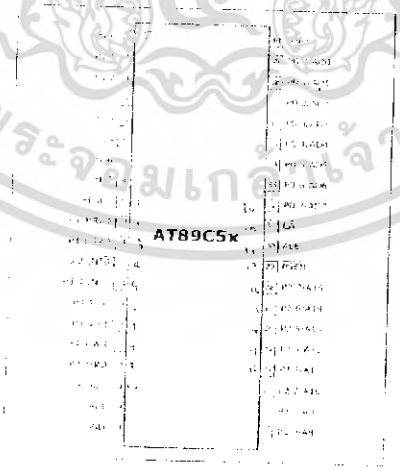
| เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ | หน่วยความจำโปรแกรม | หน่วยความจำข้อมูล | จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต |
|---|---|---|---|
| AT89C1051 | แบบแฟลชขนาด 1 กิโลไบต์ | แรม 64 ไบต์ | 1 |
| AT89C2051 | แบบแฟลชขนาด 2 กิโลไบต์ | แรม 128 ไบต์ | 2 |
| AT89C51 | แบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ | แรม 128 ไบต์ | 2 |
| AT89C52 | แบบแฟลชขนาด 8 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |
| AT89C55 | แบบแฟลชขนาด 20 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |
| AT89S8252 | แบบแฟลชขนาด 8 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์ | 3 |
| AT89S52 | แบบแฟลชขนาด 12 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ Atmel ผลิตขึ้นและใช้ในการอ้างอิงในหนังสือเล่มนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.5 รายละเอียดโครสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชของ Atmel




รูปที่ 2.6 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในอนุกรม AT89C5x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขารีเซต ( Reset )** ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานอย่างต่อเนื่องไปอย่างแป็นปกติ

**ขา ALE/PROG ( Adress Latch/Program pulse input )** เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

**ขา PSEN ( Program Store Enable )** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

**ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input )** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น " 0 " เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น " 1 " เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟฟ้าสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V

**ขา XTAL1 และ XTAL2** เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการทำงานกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

**โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชมีวงแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2 . 3

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในงานติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีกขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชเบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 2 . 3

ในรูปที่ 2 . 5 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรช โดยในรูปที่ 2 . 5 ( ก ) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิปฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กสำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2 . 7 ( ข ) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน สำหรับลายละเอียดของวงจรพูลอัปแสดงในรูปที่ 2 .8

ในรูปที่ 2 . 7 ( ค ) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 2 .7 ( ง ) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

**การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต**

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล " 1 " มาที่แต่ะบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของแฟรชในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น " 1 " สามารถรับสัญญาณลอจิก " 0 " จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก " 0 " จะดีและสะดวกที่สุด ( ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก " 0 " แล้ว )

**การใช้งานเป็นพอร์ตเอาพุต**

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตแล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล " 0 " ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล " 0 " ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก " 0 " ขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากต้องการส่งข้อมูล " 1 " ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล " 1 " ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก " 1 " ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

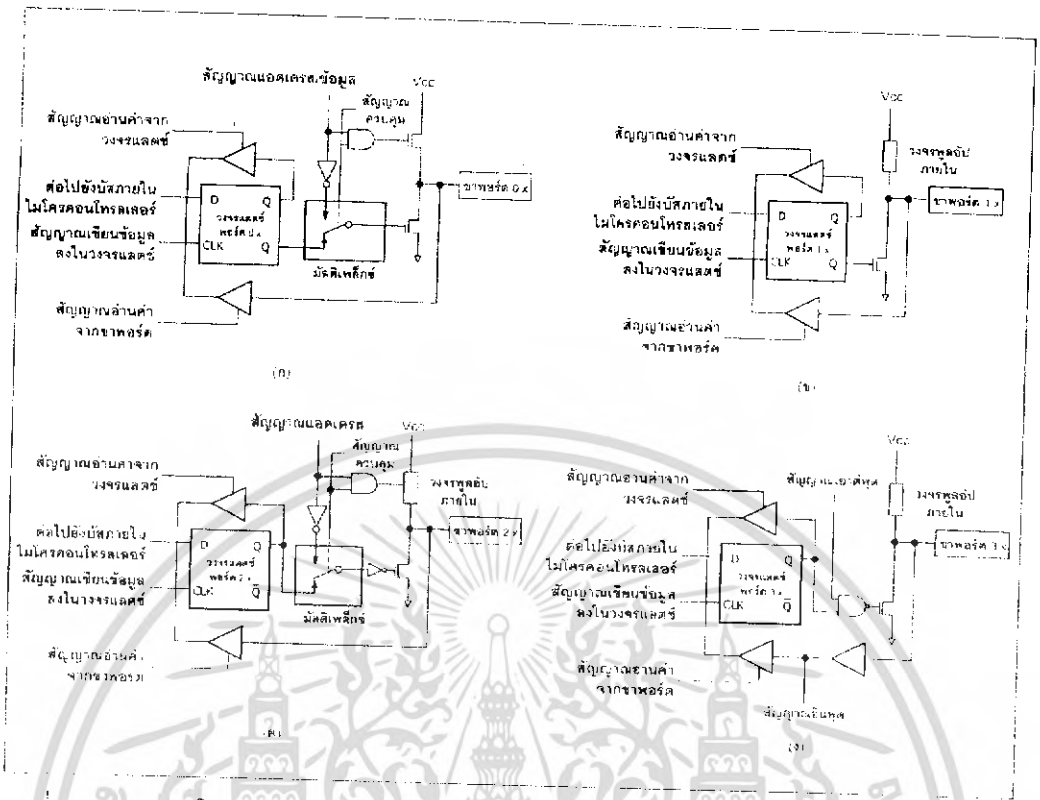
เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา ( หรือแต่ละบิต ) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือเรียกว่า **กระแสซอร์ส ( source current )** ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต ( ทั้ง 8 บิต ) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1 – 3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาพุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเมื่อไม่ฝ่าให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

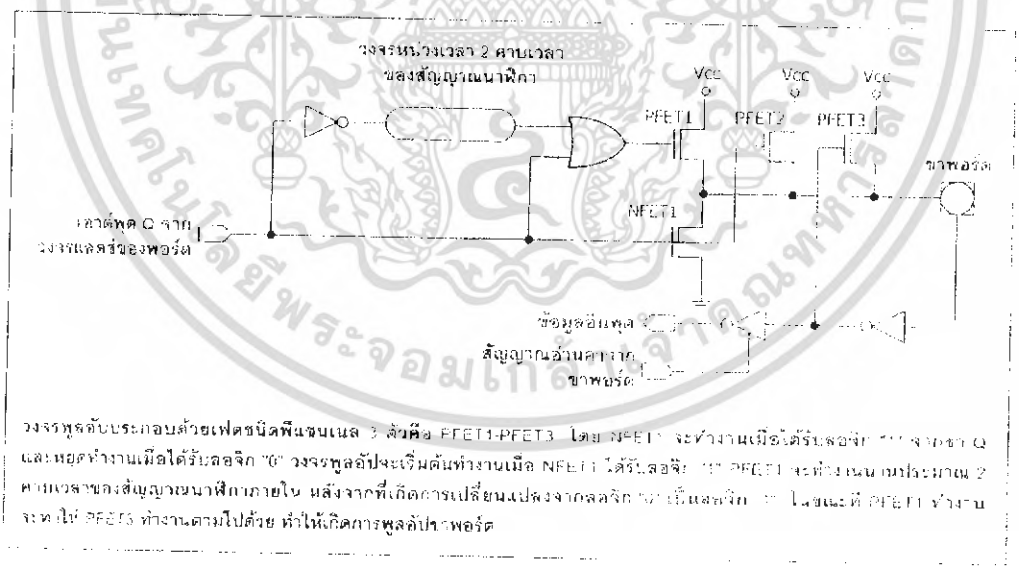
| ขา | เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ | หน้าที่พิเศษ |
|---|---|---|
| P1.0 | AT89C52/AT89Sxx | ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขา |
| P1.1 | AT89C52/AT89Sxx | และควบคุมทิศทางของสัญญาณ |
| P1.4 | AT89Sxx | ขา SS ( Slave Select ) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI |
| P1.5 | AT89Sxx | ขา MOSI ( Master data output, Slave data input ) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI |
| P1.6 | AT89Sxx | ขา MISO ( Master data input, Slave data output ) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ด SPI |
| P1.7 | AT89Sxx | ขา SCK ( Master clock output ) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI |

ตารางที่2.3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.7 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช




วงจรพูลอัปประกอบด้วยเฟตชนิดพีแชนเนล 3 ตัวคือ PFET1-PFET3 โดย NFET1 จะทำงานเมื่อได้รับลอจิก "1" จากขา Q และหยุดทำงานเมื่อได้รับลอจิก "0" วงจรพูลอัปจะเริ่มต้นทำงานเมื่อ NFET1 ได้รับลอจิก "0" PFET1 จะทำงานในประมาณ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาภายใน หลังจากที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากลอจิก "1" เป็นลอจิก "0" ในขณะที่ PFET1 ทำงาน จะทำให้ PFET3 ทำงานตามไปด้วย ทำให้เกิดการพูลอัปขาพอร์ต

รูปที่ 2.8 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต**

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชสามารถอ่านค่าจากลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

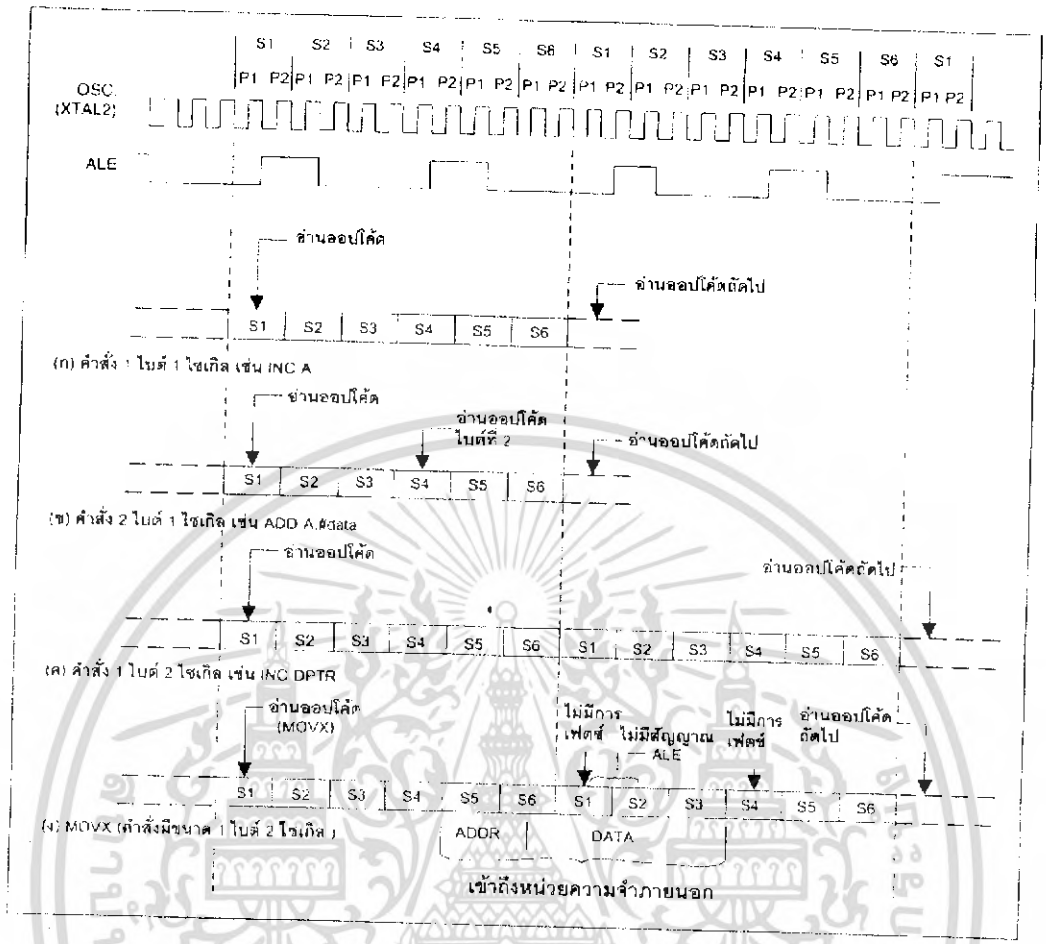
ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล " 1 " ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน สถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น " 0 " เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์ จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริงดังนั้น ในการอ่านค่าจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีให้เพหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

**จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51**

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน **กระบวนการเฟตช์ ( fetch )** เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือ **กระบวนการเอ็กซิคิวต์ ( exwcute )** เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

71947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



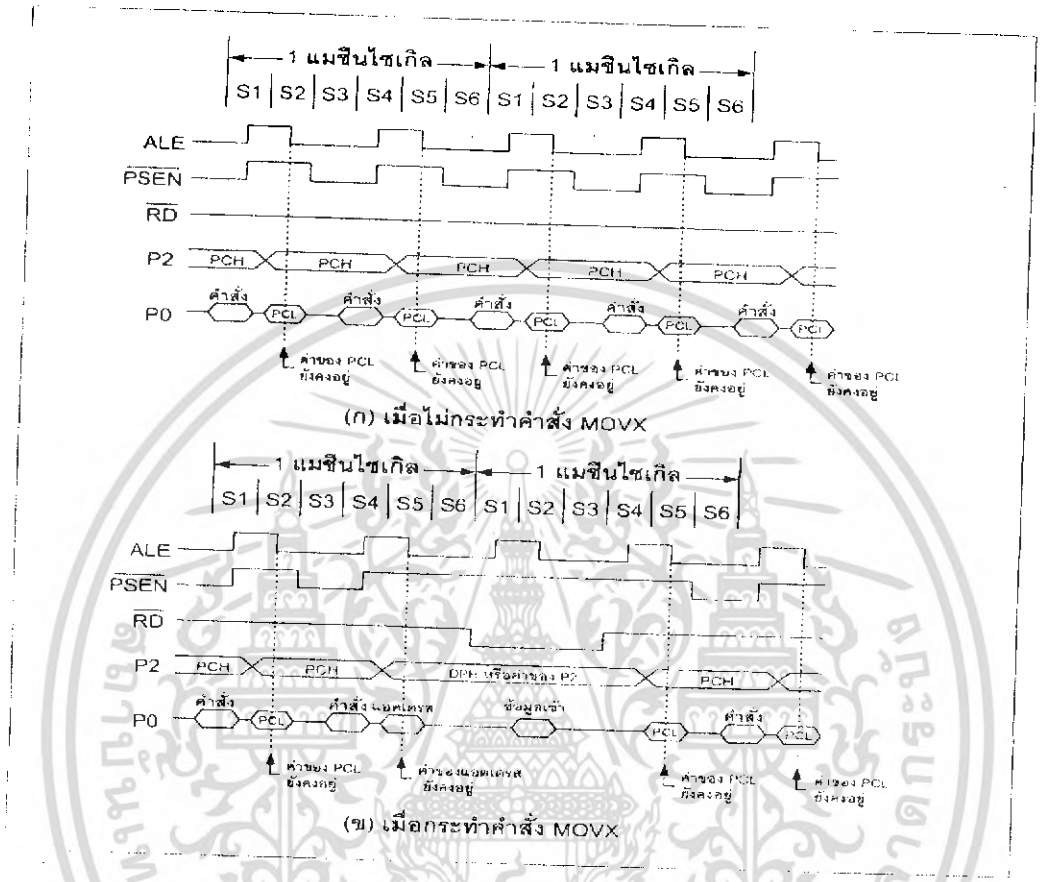

รูปที่ 2.9 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่า **เพาเวอร์ออนรีเซต ( power on reset )** ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิล ( machine cycle ) ในรูปที่ 2.9 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต ( state ) กำหนดชื่อเป็น S1 - S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส 1 ( phase ) และเฟส 2 ( phase2 )

ในรูปที่ 2.9 (ก) และ (ข) จะเป็นการเอ็กคิวชิคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเกิล เมื่อต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รีจิสเตอร์คำสั่ง** ( Instruction Register : IR ) การแฟตช์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟสครั้งที่ 2 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตต 6 ของแมชีนไซเกิล




รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเกิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมชีนไซเกิลที่สองดังในอะแกรมรูปที่ 2.9 ( ค ) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิล จะไม่มีการแฟตช์ขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจากซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในอะแกรมรูปที่ 2.9 ( ง ) จะเห็นได้ว่าเวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2 . 10 แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยในรูปที่ 2 . 10 ( ก ) เป็นไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่มีการกระทำคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ขา ALE และ PSEN จะเกิดการ แอกตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมชีนไซเกิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอกตีฟที่พอร์ต 0 ( P0 ) PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ต 2( P2 ) ก็มีค่า PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับขา PSEN ก็จะเกิดการแอกทีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่ขา PSEN จะไม่เกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายใน 1 แมชีนไซเกิล เนื่องจากบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลจะถูกใช้ในการติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคงแอกทีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 สามารถได้จาก ค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว ในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 สามารถสรุปเป็นตารางทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ( ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2) / 12

เวลา 1 แมชีนไซเกิล = 1 / ความเร็วการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.1.3 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชมีหน่วยความจำในหลักๆ อยู่ 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งก็มีขนาดและการจักสรรแตกต่างกันไปในแต่ละเบอร์ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการจัดสรรหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรช การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก และข้อมูลเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ฟังชั่นก์พิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หน่วยความจำโปรแกรม ( Program memory )**

ในรูปที่ 2.11 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลชในเบอร์ต่างๆ ที่นิยมใช้งาน อันประกอบด้วยเบอร์ AT89C52 จะเห็นได้ว่า ทั้งสองเบอร์สามารถติต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังในรูปที่ 2.11 ( ก ) โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้เบอร์AT89C52 จะสามรถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

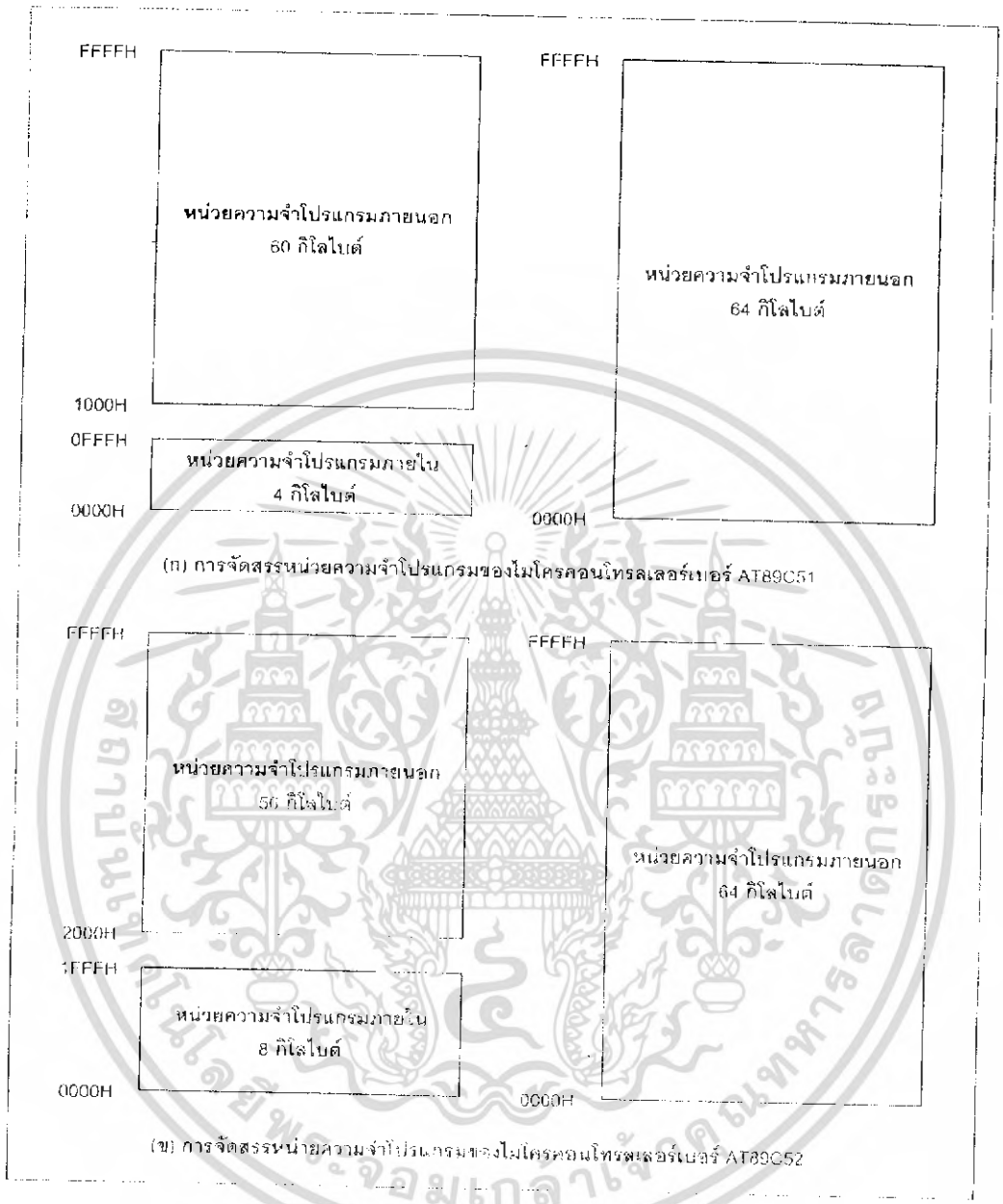
หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า **โปรแกรมมอนิเตอร์ ( monitor program )** หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม ( EPROM : Erasable Programmable Read – only Memory ) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมรแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ของหน่วยความโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.11 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทม์เมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมนอกด้วย สามารถทำได้ดดยต้องกำหนดหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรล AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H - 0FFFH เมื่อต่อหน่วยความจำภายนอกต้องกำหฟนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H - 0FFFH

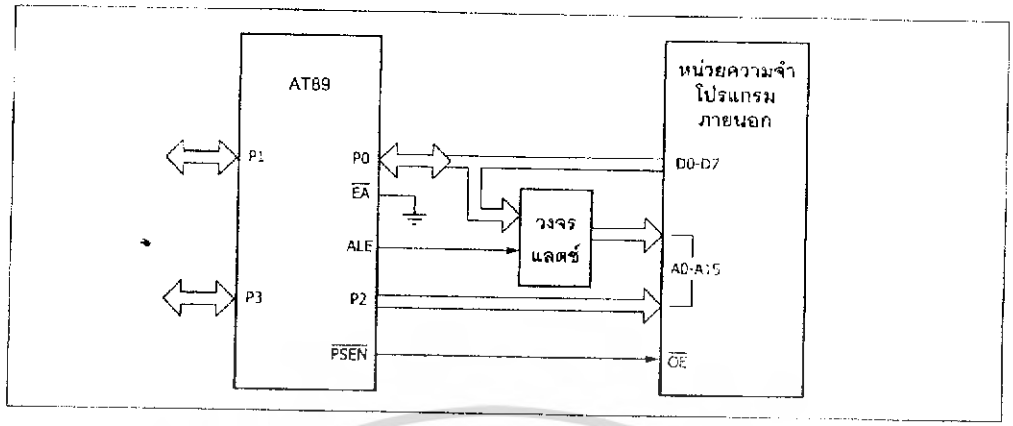
การต่อหน่วยความจำภายนอกแสดงดังในรูปที่ 2 .12 ขาพอร์ต P0.0 – P0.7 ใช้เป็นขาข้อมูล D0 – D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรแลตช์ ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PS EN ในการเลือกใช้งานขา P0.0 – P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0 – P2.7 ใช่ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8 - A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตเพียง 16 บิต คือ ที่ขาพอร์ต P1.0 – P1.7 และ P3.0 – P3.7

**หน่วยความจำข้อมูล ( Data memory )**

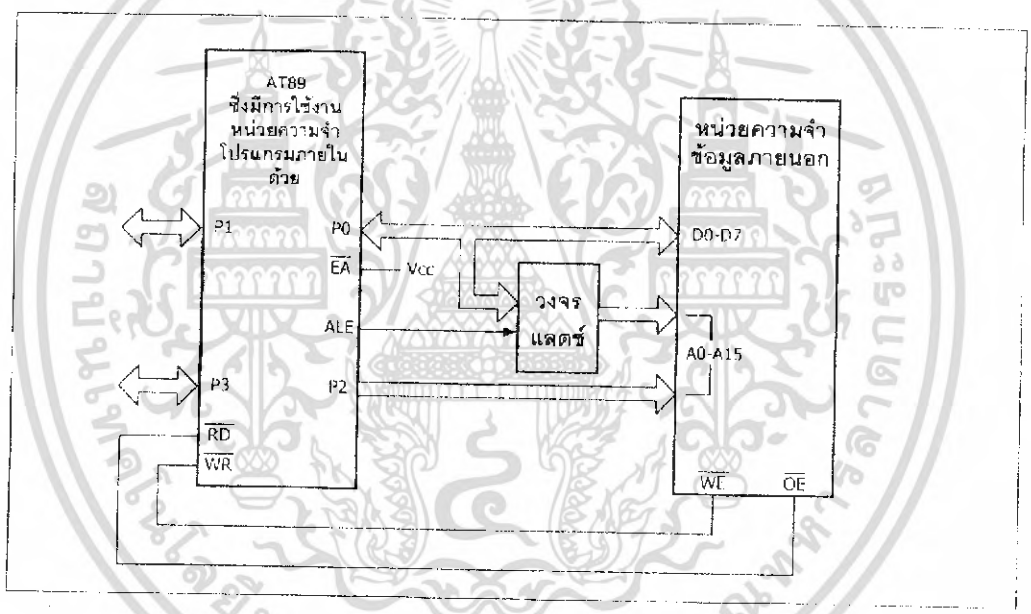
มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชแสดงดังในรูปที่ 3 . 3 จะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความโปรแกรมภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา RD และ WR

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม ( RAM : Random Access Memory ) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ **หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง ( lower ), ส่วนบน ( upper ) รีจิสเตอร์ฟังชั่นพิเศษ ( SFR : Special Function Register )** แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรในรูปที่ 2 .14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51




รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบ แฟลช

จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังชั่นก์พิเศษมีตำแหน่งซับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อแตกต่างกัน และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเหมือนว่า

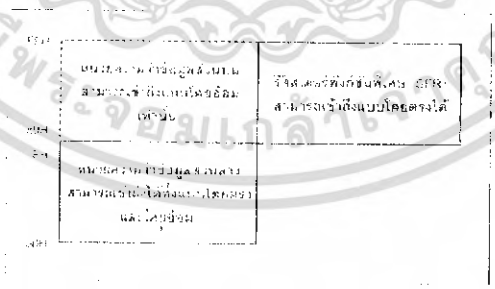
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H - 7FH สามารถเข้าถึงได้ดดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์เช่นกัน แอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลบางส่วน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR

ในรูปที่ 2 .15 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำส่วนล่าง หน่วยความจำ 32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H - 1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงก์ ( bank ) แต่ละแบงก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัวคือ R0 – R7 การติดต่อกับหน่วยความจำในแบงก์ใดให้กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW ( Program Status Word register )

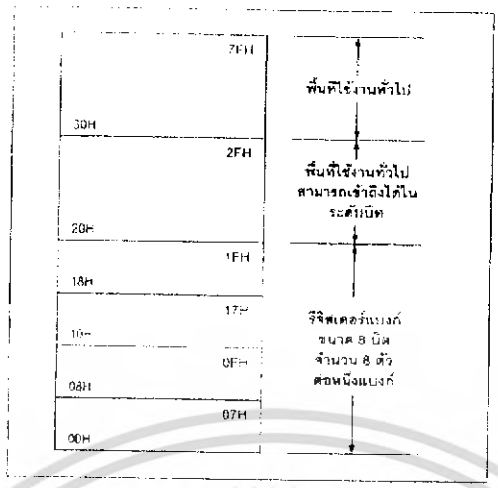
หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20H – 2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต ( Bit addressable ) และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งสำรองไว้เป็นพื้นที่ของสแต็ก ( stack : ที่พักข้อมูลชั่วคราวในกรณีที่ซีพียูมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย ) การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระดับบิต

ในรูปที่ 2 . 16 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์บนไม่จำเป็นต้องสำรองสแต็ก และต้องใช้การเข้าถึงในลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น



รูปที่ 2.14 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.15 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช

**รีจิสเตอร์ฟังชันก์พิเศษ ( Special Function Register : SFR )**

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 มีด้วยกัน 22 ตัวสำหรับเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H – FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง ( direct addressing ) ในรูปที่ 2 . 17 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้

**รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม ( Program Status Word : PSW )**

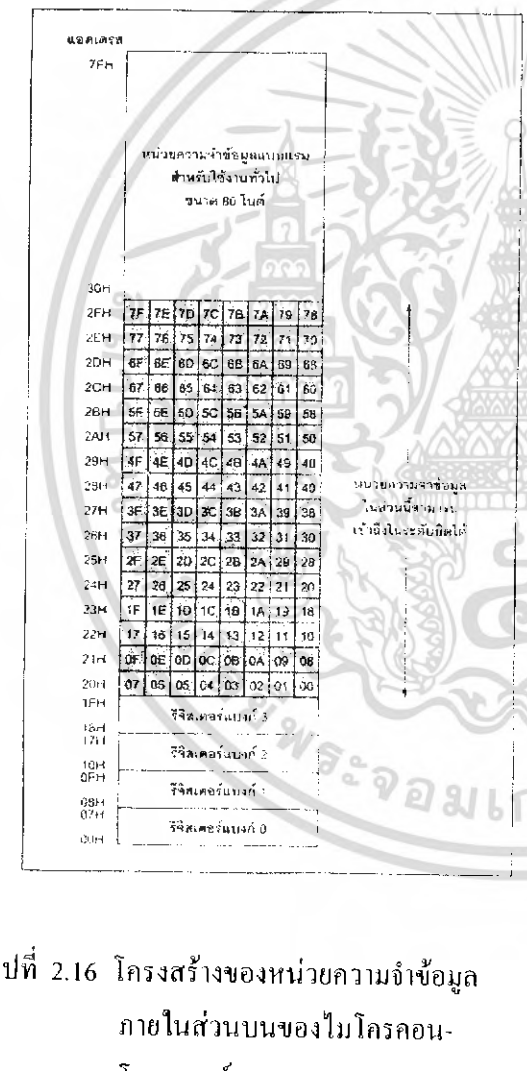
เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ **มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H** ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่างๆ ของโปรแกรมว่า **แฟรก ( flag )** เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะปรากฏที่บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ PSW รายละเอียดของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ PSW แสดงในรูปที่ 2.18

จะเห็นได้ว่า นอกจากรีจิสเตอร์ PSW ถูกใช้ในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้ว ที่บิต RS0 และ RS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0 –

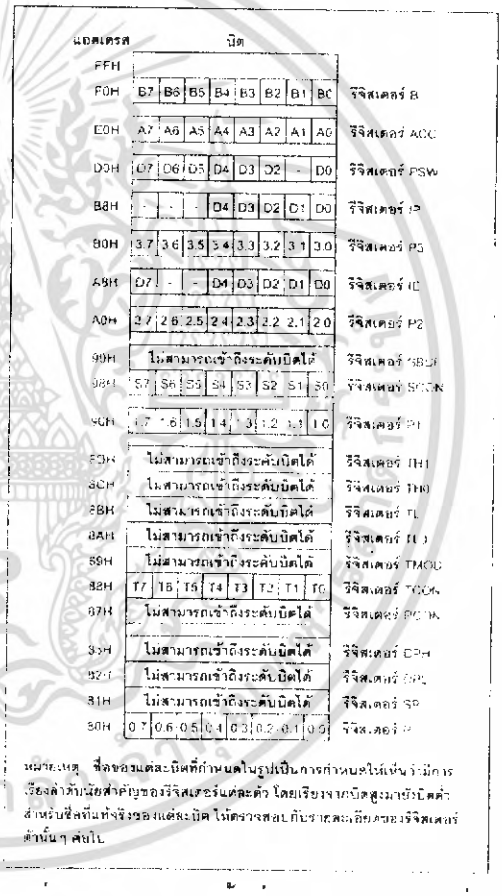
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R7 ด้วย ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3 . 1 โดยปกติแล้วในการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 – R7 มักนิยมใช้แบงก์ 0 เป็นลำดับแรกหากไม่เพียงพอจึงเลือกในแบงก์อื่นๆ มาใช้ แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่าและลำดับการติดต่อให้ดี มิฉะนั้น อาจทำให้เขียนโปรแกรมเกิดความสับสน ดังนั้น สำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 จึงเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0 – R7 เพียงแบงก์เดียวให้ชำนาญเสียก่อน

การกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0 – R7 ควรกำหนดไว้ที่ตอนต้นของโปรแกรมเสมอ เพื่อจะได้เขียนโปรแกรมติดต่อรีจิสเตอร์ R0 – R7 ได้อย่างสะดวกและไม่เกิดความผิดพลาด




รูปที่ 2.16 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51




รูปที่ 2.17 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แอกคิวมูเลเตอร์ ( Accumulator : ACC )**

**มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกสั้นๆ ว่า **รีจิสเตอร์ A หรือ ACC** รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

**รีจิสเตอร์ B**

มีขนาด 8 บิต **มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H** มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีความต้องการคูณหรือหารข้อมูล สามารถใช้รีจิสเตอร์ B นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้เช่นเดียวกันกับรีจิสเตอร์ A

**โปรแกรมเคาน์เตอร์ ( Program Counter : PC )**

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน PC รีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

รีจิสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

| บิต7 | บิต6 | บิต 5 | บิต4 | บิต3 | บิต2 | บิต1 | บิต0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CY | AC | F0 | RS1 | RS0 | OV | - | P |

**รูปที่ 2.18 รายละเอียดของรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW**

**CY : แฟลกทด ( Carry flag ) เป็น " 1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิก แล้ว ค่าแอกคิวมูลเลเตอร์เกิน 255 ( ฐานสิบ ) หรือ FFH**

**AC : แฟลกทดเสริม ( Auxiliary Carry flag ) เป็น " 1" เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**F0** : แฟลกใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้ว ไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆ ที่บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

**RS1** : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ ( Register Select1 ) ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกแบงก์ของ รีจิสเตอร์ R0 - R7

**RS0** : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ ( Register Select0 ) ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ R0 - R7

**OV** : บิตเกิน ( Overflow ) เป็น " 1 " เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 6 มายังบิต 7 ของแอกคิวมูลเลเตอร์ หรือแอกคิวมูลเลเตอร์มค่า เกิน 127 ( ฐานสิบ ) นอกจากนั้นยังใช้เป็นค่าแสดงลบด้วย

**-** : บิตนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดใช้งานได้อย่างอิสระ

**P** : บิตพาริตี้ ( Parity ) ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า " 1 " ภายในแอกคิวมูลเลเตอร์ ถ้า หากในแอกคิวมูลเลเตอร์มีจำนวนบิตที่เป็น " 1 " รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น " 0 " ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่บิตนี้จะเป็น " 1 "

| RS1 | RS0 | แบงก์ของรีจิสเตอร์ | ช่วงแอดเดรส |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | แบงก์ 0 | 00H – 07H |
| 0 | 1 | แบงก์ 1 | 08H – 0FH |
| 1 | 0 | แบงก์ 2 | 10H – 17H |
| 1 | 1 | แบงก์ 3 | 18H – 1FH |

ตารางที่ 2 . 4 การเลือกแบงก์หน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0 - R7

**สแต็กพอยน์เตอร์ ( Stack Pointer : PC )**

หรือรีจิสเตอร์ตัวชี้สแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวสแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น ( รีเซต : การกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น ) ค่าของรีจิสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสแรกของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

**รีจิสเตอร์ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ ( Data Pointer : DPTR )**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง ( DPL ) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับDPH รีจิสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

**รีจิสเตอร์พอร์ต ( Port register )**

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 มี 4 ตัวคือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H, รีจิสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในแต่ละบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้ทุกครั้ง

**รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม ( Serial Data Buffer : SBUF )**

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรช โดยในรีจิสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล ( transmit buffer register ) และรีจิสเตอร์บัฟเฟอรีสำหรับรับข้อมูล ( receive buffer register ) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปนี้ สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

สำหรับรายละเอียดจากรีจิสเตอร์ SBUF และวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟรชจะกล่าวถึงบทที่ว่าด้วยเรื่องการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

**รีจิสเตอร์ไทเมอร์ (Timer register)**

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา,จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกรีจิสเตอร์ตัวนี้ว่า **รีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์**

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีรีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 หรือ T1 หรือ Timer 1 ในรีจิสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ (TL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรีจิสเตอร์ไทเมอร์ไบต์สูง (TH) เหมือนกัน **โดยรีจิสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจิสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH** ในขณะที่ **TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH** สำหรับในเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT895xx จะมีรีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมี รีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH เพิ่มเติมเข้ามา

**รีจิสเตอร์แคปเจอร์ (Capture register)**

เป็นริจิสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น เนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 (Timer 2) โดยมีรีจิสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่า รีจิสเตอร์ RCAP2 ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

รีจิสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ และการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

**รีจิสเตอร์ควบคุม (Control register)**

**รีจิสเตอร์PCON** เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช

**รีจิสเตอร์ SCON** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

**รีจิสเตอร์ TCON และ T2CON** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

**รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

**รีจิสเตอร์ IE และ IP** เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (interrupt : การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจิสเตอร์ของเอ็นเอเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

### 2.1.4 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีชุดคำสั่งที่เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกประการ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มคำสั่งการโอนย้ายข้อมูล ( data transfer instructions )
2. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ ( arithmetic instructions )
3. กลุ่มคำสั่งทางลอจิก ( logical instructions )
4. กลุ่มคำสั่งจัดการข้อมูลระดับบิต ( bit manipulared instructions )
5. กลุ่มคำสั่งการกระโดด ( branch instructions )

การทำงานในแต่ละคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะใช้เวลาในการประมวลผลที่แตกต่างกัน โดยจะนับเป็นหน่วยของรอบการทำงานหรือเรียกว่า แมชีนไซเกิล ( machine cycle ) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าเวลาใน 1 แมชีนไซเกิลได้จาก

$$T = \frac{C \times 12}{fXTAL}$$

โดยที่ T คือ ค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลคำสั่ง

C คือ จำนวนแมชีนไซเกิลของคำสั่งนั้น

$f_{XTL}$ คือ ค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้ในการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

ดังนั้น ในคำสั่งใดที่มีจำนวนแมชีนไซเกิลมาก ซีพียูต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.5 เพาเวอร์ออนรีเซต (Power-On Reset)**

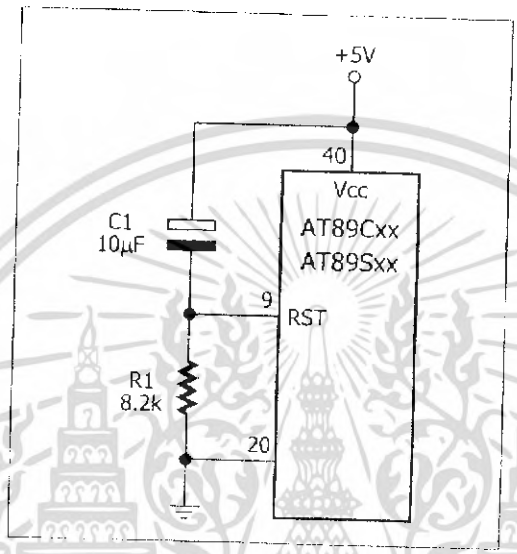
เป็นการรีเซตที่เกิดขึ้นหลังจากมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยมีวงจรพื้นฐานเพื่อทำให้เกิดการรีเซตแบบนี้ในรูปที่ 2.32

| ชื่อรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ | ค่าที่เกิดขึ้นหลังการรีเซต |
|---|---|
| PC | 0000H |
| ACC | 00H |
| B | 00H |
| PSW | 00H |
| SP | 07H |
| DPTR | 0000H |
| P0-P3 | FFH |
| IP(AT89C51) | XXX00000B |
| IP(AT89C52,AT89Sxx) | XX000000B |
| IE(AT89C51) | 0XX00000B |
| IE(AT89C52,AT89Sxx) | 0X000000B |
| TMOD | 00H |
| T2MOD(AT89C52,AT89Sxx) | XXXXXX00B |
| TCON | 00H |
| T2CON(AT89C52,AT89Sxx) | 00H |
| TH0 | 00H |
| TL0 | 00H |
| TH1 | 00H |
| TL1 | 00H |
| TH2(AT89C52,AT89Sxx) | 00H |
| TL2(AT89C52,AT89Sxx) | 00H |
| RCAP2H(AT89C52,AT89Sxx) | 00H |
| RCAP2L(AT89C52,AT89Sxx) | 00H |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| SCON | 00H |
| SBUF | กำหนดไม่ได้ |
| PCON | 0XXX0000B |

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าข้อมูลที่เกิดขึ้นของรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลังเกิดการรีเซต




รูปที่ 2.18 วงจร(Power-On Reset)

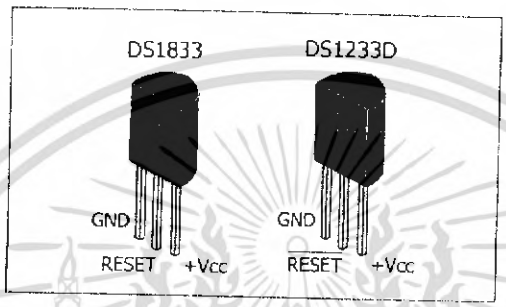
การทำงานของการรีเซตแบบนี้ยังคงอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ทำให้ขา RST มีสถานะลอจิกเป็น "1" อย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล เมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุยังไม่เกิดการประจุไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ส่งผลให้ขา RST ได้รับแรงดันประมาณ +5V ซึ่งก็คือระดับแรงดันลอจิก "1" โดยตรงจนกระทั่งเวลาผ่านไป ตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้เพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานลดลง และกลายเป็นศูนย์เมื่อตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรนี้มีความสำคัญต่อการรีเซตของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างมาก เพราะต้องกำหนดให้ค่าเวลาของการประจุแรงดันของตัวเก็บประจุยาวนานมากพอที่จะทำให้ขา RST ได้รับลอจิก "1" อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมชีนไซเกิล

เมื่อเกิดการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะ เริ่มต้นทำงานโดยเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะขึ้นอยู่กับค่าของคริสตอลที่ใช้ในการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ถ้าใช้

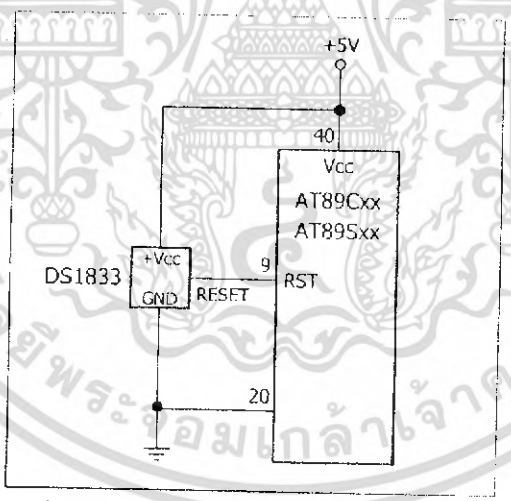
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คริสตอล 10 MHz เวลาที่ใช้เริ่มต้นทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะเท่ากับ1 มิลลิวินาที และถ้าใช้คริสตอล 1 MHz เวลาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 10 มิลลิวินาที

สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยี CMOS ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ภายนอกอาจไม่ ต้องต่อเนื่องจากที่ขา RST มีวงจรพูลดาวน์ต่ออยู่ภายในแล้ว (พูลดาวน์ : การทำให้สถานะลอจิกที่จุดนั้นเป็น "0" โดยไม่ต่อลง กราวด์โดยตรง) และตัวเก็บประจุสามารถ ลดค่าลงได้เป็น : μF




รูปที่ 2.19 การจัดขาของไอซีสร้างสัญญาณรีเซต




รูปที่ 2.20 การต่อไอซี DS1833 เพื่อสร้างสัญญาณรีเซตให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51

**ไอซีสร้างสัญญาณรีเซต**

ในปัจจุบันมีการสร้างไอซีที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรีเซตโดยเฉพาะให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งนี้เพื่อลดผลของความไม่แน่นอนในการใช้วงจร RC ในการกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์ออนรีเซต โดยผู้ผลิตไอซีดังกล่าวคือ Dallas Semiconductor ไอซีที่ทำหน้าที่ดังกล่าว ได้แก่เบอร์ **DS1233** และ **DS1833**

โดย DS1233 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรีเซตลอจิกต่ำ ในขณะที่ DS1833 สร้างสัญญาณรีเซตลอจิกสูง ดังนั้น ในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงต้องใช้ DS1833 การจัดขาของไอซีทั้งสองเบอร์แสดงในรูปที่ 10.3 ส่วนการต่อใช้งาน DS1833 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 10.4 สำหรับข้อมูลหรือดาต้าชีตของ DS1233 และ DS1833 สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเวบไซต์ของ Dallas Semiconductor ที่ **http:\\www.dalsemi.com**

### 2.1.6 โหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่มักจะมีความสามารถพิเศษในด้านการประหยัดพลังงานบรรจุอยู่ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากมีจำนวนพอร์ตและรีจิสเตอร์ใช้งานจำนวนมาก ทำให้ในขณะที่ทำงานต้องใช้พลังงานไม่น้อย และถ้ายิ่งความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงเท่าใด ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้เร็วมากขึ้น พลังงานที่ต้องการก็ย่อมต้องสูงขึ้นตาม ดังนั้นหากสามารถทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานในสภาวะที่ไม่ต้องใช้พลังงานหรือทำให้ใช้พลังงานน้อยลง ก็จะช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีอายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้น ทั้งยังช่วยให้การใช้พลังงานของระบบลดลง

การทำงานในโหมดประหยัดพลังงานจะถูกเรียกใช้เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะที่ต้องรอคอย เงื่อนไขหรือเหตุการณ์บางอย่างที่ใช้เวลายาวนานพอสมควร และในขณะที่รอคอยนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ต้องทำงานอื่นใด ดังนั้น หากยังกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในภาวะปกติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังคงใช้พลังงานเท่าเดิม จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ ดังนั้นจึงควรกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน ในโหมดนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้พลังงานลดลงถึง 4 เท่า

**รีจิสเตอร์ควบคุมพลังงานหรือ PCON (Power Control register)**

มีแอดแดรสอยู่ที่ 87H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

| บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SMOD | - | - | - | GF1 | GF0 | PD | IDL |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SMOD (Double Baud rate bit)** : ใช้ในการเพิ่มอัตราบอดของการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นสองเท่า เมื่อบิตนี้เซตเป็น "1" และใช้ไทเมอร์ 1 ในการสร้างอัตราบอด โดยพอร์ตอนุกรมต้องถูกกำหนดให้ทำงานในโหมด 1,2 หรือ 3

**GF1 และ GF0 (General-purpose flag bit)** : เป็นแฟลกสำหรับใช้งานทั่วไป เซตและเคลียร์ด้วยซอฟแวร์

**PD (Power Down bit)** : ใช้เอ็นเอเบิลการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานแบบลดพลังงานหรือเพาเวอร์ดาวน์ (power down mode) สามารถเซตด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์และเคลียร์ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ ถ้าต้องการให้ทำงานในโหมดประหยัดพลังงานแบบลดพลังงานต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

**IDL (Idle mode bit)** : ใช้เอ็นเอเบิลการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานแบบไอเดิล (idle mode) สามารถเซตด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์และเคลียร์ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ ถ้าต้องการให้ทำงานในโหมดประหยัดพลังงานแบบไอเดิลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

**โหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**

การทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช มี 2 แบบหรือ 2 โหมดคือ **แบบไอเดิล (idle mode)** และ**แบบลดพลังงาน หรือ เพาเวอร์ดาวน์ (Power down mode)**

**โหมดประหยัดพลังงานแบบไอเดิล**

การทำงานในโหมดนี้จะเกิดขึ้นเมื่อบิต IDL ซึ่งเป็นบิต 0 ในรีจิสเตอร์ PCON เกิดการเซต โดยปกติจะบรรจุคำสั่งเพื่อเซตบิต IDL นี้ไว้เป็นคำสั่งสุดท้าย ก่อนเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานแบบนี้ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดนี้ สัญญาณนาฬิกาภายในจะถูกกั้นไม่ให้ส่งไปยังซีพียู ทำให้ซีพียูไม่สามารถทำงานต่อไปได้ แต่สามารถจะรับการอินเตอร์รัปต์ไทเมอร์ทั้งหมดและวงจรพอร์ตอนุกรมยังคงทำงานอยู่ต่อไป สถานะต่างๆของซีพียูก่อนที่จะเข้าสู่โหมดไอเดิลยังคงดำรงอยู่ ตลอดจนค่าของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษทุกตัวและสถานะของพอร์ตทุกตัว ที่ขา ALE และ PSEN จะถูกทำให้เป็นลอจิกสูง จึงไม่เกิดการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม จึงสามารถสรุปได้ว่า การทำงานในโหมดไอเดิลนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกือบจะหยุดทำงานอย่างสิ้นเชิง ทำให้การใช้พลังงานลดลง

การออกจากโหมดนี้สามารถกระทำได้ 2 ทางคือ โดยกระบวนการอินเตอร์รัปต์ทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งก็คือ การอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกที่ขา INT0 หรือ INT1 นั่นเอง เมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น บิต IDL จะได้รับการเคลียร์โดยอัตโนมัติ สามารถใช้ประโยชน์จากบิต GF0 และ GF1 ในการแจ้งให้ทราบว่า ก่อนหน้าการอินเตอร์รัปต์จะเกิดขึ้นไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานอยู่ในโหมดประหยัดพลังงานหรือไม่ โดยอาจเขียนโปรแกรมให้ทำการเซตบิต GF0 และ GF1 หรือทั้งสองบิตก่อนที่เข้าสู่โหมดไอเดิล และเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์ให้โปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ทำการตรวจสอบสถานะของบิต GF0 และ GF1 ก็จะทำให้ทราบว่า ก่อนเกิดการอินเตอร์รัปต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอยู่ในโหมดปกติหรือโหมดประหยัดพลังงาน

อีกทางหนึ่งคือ ทำการรีเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่วิธีนี้จะส่งผลกระทบต่อค่าของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษทุกตัว ตลอดจนสถานะของพอร์ต เพราะหลังจากการรีเซต แม้ว่าไมโครคอน

โทรลเลอร์จะออกจากการทำงานในโหมดไอเดิลและบิต IDL ได้รับการเคลียร์แล้วก็ตาม ค่าของรีจิสเตอร์และสถานะของพอร์ตก่อนที่จะเข้าสู่โหมดไอเดิลจะสูญเสียไป เปลี่ยนเป็นค่าที่เกิดขึ้นหลังจากการรีเซตแทน (มีรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ การรีเซตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 UPS

### 2.2.1 ความหมายของ UPS

" UPS " เป็นอุปกรณ์ชนิดแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าประเภทหนึ่ง ที่ช่วยให้อุปกรณ์สามารถมีกำลังงานไฟฟ้าใช้ และ ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งได้มีการออกแบบใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว แต่ในสมัยก่อนเราใช้งาน UPS เป็นอุปกรณ์เสริมพิเศษเพื่อแก้ไขคุณภาพกำลังไฟฟ้า ( Power Quality ) โดยมักจะมีการใช้เฉพาะงานที่จำเป็น เช่น ในระบบเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ ในเครื่องมือแพทย์ ในเครื่องมือวัดเก็บค่าที่ใช้เวลานาน เป็นต้น และยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายมากนักเนื่องจากราคาสูง แต่ในปัจจุบันซึ่งนับได้ว่าเป็นยุคไอที ได้มีการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากในระบบบริษัท และ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลตามบ้านกันมากขึ้น อีกทั้งปัจจัยทางด้านราคาที่ค่อนข้างต่ำของ UPS ในปัจจุบัน ยิ่งส่งเสริมให้ความต้องการใช้งาน UPS มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อพูดถึงคำว่า UPS เราก็ล่าวได้ว่าแทบจะไม่มีใครที่ไม่รู้จัก แต่สำหรับโครงสร้างและการทำงานของ UPS ยังไม่เป็นที่รู้กันมากนัก สำหรับ UPS ที่มีขายในตลาดที่แท้จริงแล้วมี 2 ระบบใหญ่ๆแบ่งตามลักษณะของแหล่งกำลังงานคือ 1. โรตารี่ UPS ( Rotary Uninterruptable Power Supply ) ซึ่งใช้พลังงานจากแหล่งน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า และ 2. สเตติก UPS ( Static Uninterruptable Power Supply ) ซึ่งมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า

สำหรับบทความนี้เราจะพิจารณาถึง สเตติก UPS เท่านั้น เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ใกล้ตัวและมีการใช้งานกันอยู่ ซึ่งมีหลายขนาด หลายยี่ห้อ อีกทั้งผลิตภายในประเทศ และนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาแตกต่างกันไป ตลอดจนมีการออกสินค้าใหม่ที่มีเทคนิคใหม่ๆออกสู่ตลาดเพิ่มขึ้นทุกวันทำให้ผู้ซื้อมีทางเลือกมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็สร้างความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกซื้ออยู่ไม่น้อย เนื่องจาก UPS ต่างยี่ห้อกันต่างก็ระบุคุณสมบัติ ( Specification ) พื้นฐานที่ใกล้เคียงกันทั้ง อัตราวีเอ ( VA ) ระยะเวลาในการสำรองไฟฟ้า ( Back up Time ) และราคา เพราะเป็นคุณสมบัติที่ผู้ซื้อเข้าใจได้ง่าย ดังนั้นในการเลือกใช้งานควรพิจารณาอย่างไร จึงจะถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ เนื่องจาก สเตติก UPS นั้นโดยแท้จริงแล้วสามารถแบ่งออกได้อีกหลายประเภท ตามลักษณะของรูปคลื่น และ โครงสร้างการทำงาน ซึ่งจะเหมาะสมกับการใช้งานกับอุปกรณ์ หรือ ในสภาวะไฟฟ้าที่แตกต่างกันไป

เนื่องจากคุณสมบัติพื้นฐานของ UPS แต่ละรุ่นที่ผู้ผลิตแต่ละรายได้กำหนดออกมานั้นจะมุ่งเน้นที่อัตรา วีเอ และ ระยะเวลาในการสำรองไฟ เป็นหลัก ทำให้การเลือกซื้อ UPS เพื่อใช้งานนั้น ผู้ซื้อส่วนใหญ่จึงมักจะเข้าใจว่าควรพิจารณาจากค่า อัตราวีเอ ระยะเวลาในการสำรองไฟ และราคาที่เหมาะสมก็เพียงพอ แต่ในความเป็นจริงแล้วเมื่อนำไปใช้งาน ผู้ใช้บางท่านอาจจะพบว่า UPS ไม่สามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการ เช่น จ่ายกำลังงานไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอ ไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันสภาวะไฟกระชากได้ เป็นต้น ดังนั้นเราควรรู้จัก ชนิด โครงสร้าง และวิธีการทำงาน พอสังเขป เพื่อให้สามารถใช้เป็นความรู้ประกอบการตัดสินใจที่ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งในบทความนี้จะจำแนกชนิด และการทำงานของ UPS แต่ละแบบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องเสียง ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง ฯลฯ

ก่อนอื่นเราจะทำความเข้าใจกับ เรื่องคุณภาพกำลังไฟฟ้า ( Power Quality )และปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นเราจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับ นิยาม หรือคำจำกัดความ บางส่วนที่มีอยู่ในระบบการสำรองไฟฟ้าทั่วๆไปคือ เครื่องสำรองไฟฟ้า ( UPS ) อินเวอร์เตอร์ ( Inverter ) อัตราวีเอ ( VA ) และ วัตต์ ( Watt ) ออน-ไลน์ ( On-Line ) ออฟ-ไลน์ ( Off-Line ) โหลด ( Load ) ระยะเวลาในการสำรองไฟ ( Back up Time ) เพื่อพิจารณาระบบ และการเลือกใช้ UPS ในการแก้ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าต่อไป

### 2.2.2 คุณภาพกำลังไฟฟ้า ( Power Quality )

คุณภาพกำลังไฟฟ้า เป็นเรื่องของความแน่นอนในการจ่ายกำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายหลัก ( การไฟฟ้า ) นิยามของคุณภาพไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC และ IEEE จะมีความหมายถึงลักษณะของกระแสและแรงดัน และความถี่ ของแหล่งจ่ายไฟในสภาวะปกติที่ไม่ทำให้อุปกรณ์หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้า มีการทำงานที่ผิดพลาด หรือ เสียหาย ในปัจจุบันเรื่องของคุณภาพกำลังไฟฟ้าเป็นที่สนใจและนำมาพิจารณากันมาก เนื่องจากสาเหตุใหญ่ๆ คือ กระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเทคโนโลยีสูงซึ่งมีความไวในการตอบสนองต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้ามากกว่าในอดีต โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์กำลัง , การเพิ่มขึ้นของอุปกรณ์ไฟฟ้าในการปรับ/เพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า เช่น การต่อชุดตัวเก็บประจุ ( Capacitor Bank ) ซึ่งจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกที่สูงมากขึ้นในระบบกำลัง , ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันมีการต่อเชื่อมโยงถึงกัน ถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบมีปัญหาหรือจ่ายฮาร์มอนิกเข้าสู่ระบบ จะทำให้อุปกรณ์ หรือระบบข้างเคียงได้รับผลกระทบด้วย , ตัวผู้ใช้ทราบถึงเรื่องของคุณภาพไฟฟ้ากันมากขึ้น เพราะมีผลกระทบต่อการทำงานที่เป็นอยู่ เป็นต้น

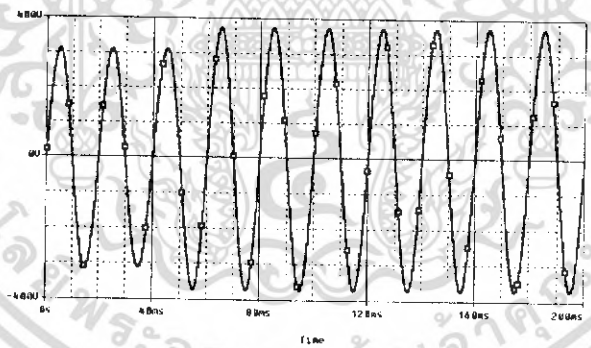
สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าที่ทำให้คุณภาพกำลังงานไฟฟ้าเสียไปนั้นเราอาจจะแบ่งแยกสาเหตุออกได้หลายรูปแบบเช่น ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า ความผิดพลาดในระบบส่งกำลังของแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก การทำงานของอุปกรณ์ ประเภทสวิตชิ่ง ( Switching ) การทำงานของอุปกรณ์ประเภทไม่เป็นเชิงเส้น การต่อกราวด์ ( Grounding ) ในระบบไม่ถูกต้อง เป็นต้น เมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของกำลังงานไฟฟ้าขึ้นย่อมจะทำให้ลักษณะของรูปคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดัน กระแส ตลอดจนความถี่ของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นเราเรียกรวมว่าเป็น " มลภาวะทางไฟฟ้า ( Electrical Pollution ) " ดังนั้นเราสามารถนิยาม และพิจารณาถึงมลภาวะทางไฟฟ้าได้ดังนี้

**มลภาวะทางไฟฟ้า ( Electrical Pollution )** คือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า แล้วทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ โหลด ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ หรือ อาจเกิดปัญหาให้โหลดเสียหายได้ โดย เราสามารถแบ่งมลภาวะทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบสายส่งกำลังแบบ 220 โวลต์อาร์เอ็มเอส ( $V_{RMS}$ ) ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ( Hertz ) ออกตามลักษณะได้ 10 ประเภทคือ

*1. ไฟเกิน ( Over Voltage )* เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงเพิ่มขึ้นเป็นระยะเวลานาน โดยอาจจะมีสาเหตุต่างๆกัน เช่น เกิดจากตำแหน่งใช้งานที่ใกล้แหล่งจ่ายไฟฟ้า เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ การสวิตชิ่งตัวเก็บประจุเข้าระบบ หรือ การปรับ แทป ( Tab ) ของหม้อแปลงไม่เหมาะสม เป็นต้น โดย " *ลักษณะของแรงดันไฟเกินจะวัดได้จากการที่ค่าอาร์เอ็มเอส ( RMS ) ของแรงดันในสายกำลังมีค่าเกินกว่า 242 - 264 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลานานกว่า 1 นาที* " ซึ่งจะมีผลกระทบต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อใช้งานอยู่ให้มีคุณภาพเสื่อมลง และ มีอายุใช้งานสั้นลง ลักษณะของการเกิดไฟเกินแสดงรูปคลื่นได้ดังรูปที่ 2.21

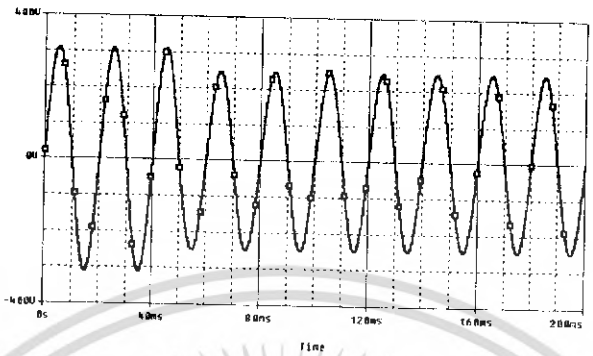


รูปที่ 2.21 รูปคลื่นของแรงดันไฟเกิน

*2. ไฟตก ( Under Voltage )* เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลงเป็นระยะเวลานาน โดยอาจจะเกิดได้จากหลายสภาวะ เช่น การใช้กำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำลังงานสูง ตำแหน่งใช้งานอยู่ไกลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เกิดจากการต่อโหลดขนาดใหญ่เข้าสู่ระบบ การสวิตชิ่งตัวเก็บประจุออกจากระบบ เป็นต้น โดย " *ลักษณะแรงดันไฟตกจะวัดได้จากการที่ค่าอาร์เอ็มเอส ( RMS ) ของแรงดันในสายกำลังมีค่าต่ำกว่า 176 - 198 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลานานกว่า 1 นาที* " ซึ่งส่งผลให้

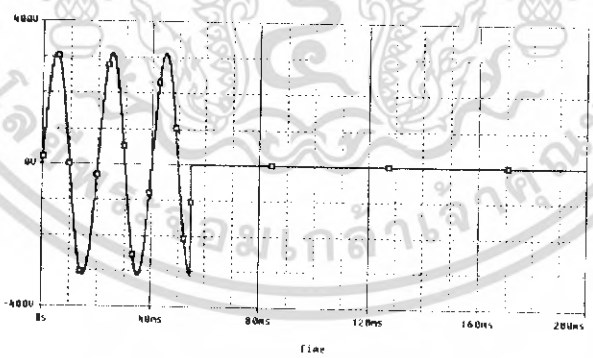
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ดี หรือ อาจจะดึงกระแสสูงขึ้น ( Overload ) ทำให้เกิดความเสียหาย หรือ อายุใช้งานสั้นลง ลักษณะของการเกิดไฟตกแสดงรูปคลื่นได้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 รูปคลื่นของแรงดันไฟตก

***3. ไฟดับ ( Blackout หรือ Sustained Interruptions )*** เป็นสภาวะที่แหล่งจ่ายกำลังงานทางไฟฟ้าหยุดจ่ายกำลังงานทำให้ไม่มีแรงดันปรากฏในสายกำลัง โดยอาจจะมีสาเหตุเกิดมาจากแหล่งจ่ายกำลังงานได้รับความเสียหาย หรือ มีการลัดวงจรในสายกำลัง ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออกถาวร โดย " *ลักษณะแรงดันไฟดับจะวัดได้จากการที่ค่าอาร์เอ็มเอส ( RMS ) ของแรงดันในสายกำลังมีค่าลดลงเป็น 0 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลานานกว่า 1 นาที* " ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำงานทันที ถ้าเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์อาจจะสร้างความเสียหายแก่ข้อมูล หรืออุปกรณ์หน่วยความจำได้ ลักษณะไฟดับแสดงได้ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 รูปคลื่นของแรงดันไฟดับ

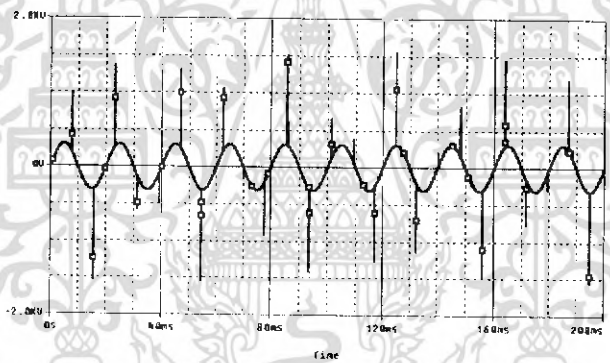
***4. ไฟกระชาก ( Surge หรือ Spike ) และ การออสซิลเลต ( Oscillate )*** สภาวะไฟกระชากเป็นสภาวะที่แรงดันสูงขึ้นทันที ซึ่งมักจะมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า และมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเสียหายทันที ลักษณะของตัวอย่างแรงดันไฟกระชากสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.24 และ มีการแบ่งลักษณะไฟกระชากตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995 ได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่2.6 แสดงลักษณะของไฟกระชากตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995

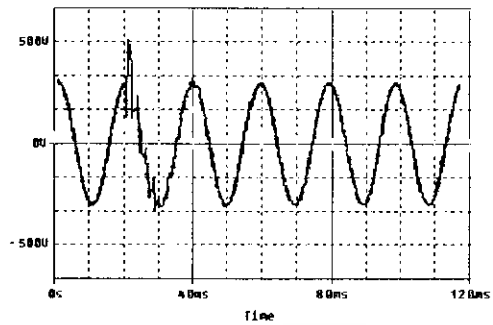
| ชนิดของไฟกระชาก ( surge ) | ระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น ( rise time ) | ช่วงระยะเวลาที่เกิด ( duration ) |
|---|---|---|
| แบบนาโนวินาที ( Nanosecond ) | 5 ns | < 50 ns |
| แบบไมโครวินาที ( Microsecond ) | 1 ms | 50 ns – 1 ms |
| แบบมิลลิวินาที ( Millisecond ) | 0.1 ms | > 1 ms |



รูปที่ 2.24 รูปคลื่นตัวอย่างของของแรงดันไฟกระชาก

ส่วนสภาวะการออสซิลเลตเป็นปรากฏการณ์ที่แรงดัน หรือ กระแส มีค่าสูงอย่างทันทีทันใด โดยมีการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นทั้งขั้วบวกและลบ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.25 รูปคลื่นของแรงดันที่เกิดออสซิลเลตชั่วขณะ

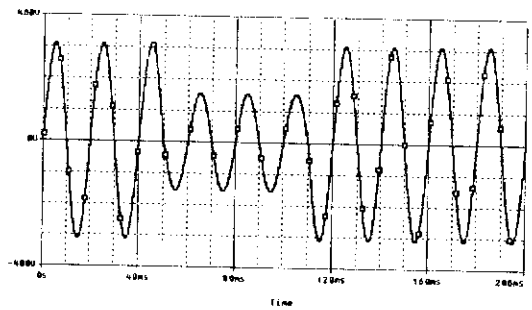
จากมาตรฐาน IEEE 1159-1995 มีการแบ่งการเกิดออสซิลเลตของสายกำลังในสภาวะชั่วครู่ตามขนาดของแรงดัน และช่วงระยะเวลาที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะของการเกิดออสซิลเลตตามมาตรฐาน IEEE 1159-1995

| ลักษณะการออสซิลเลต | ความถี่ | ช่วงเวลาในการเกิด | ขนาดแรงดันเมื่อคิดตามแหล่งจ่าย 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ |
|---|---|---|---|
| ความถี่ต่ำ ( Low Frequency ) | < 5 kHz | 0.3-50 ms | 88 โวลต์ |
| ความถี่ปานกลาง ( Medium Frequency ) | 5-500 kHz | 5-20 ms | 176 โวลต์ |
| ความถี่สูง ( High Frequency ) | 0.5-5 MHz | 0-5 ms | 88 โวลต์ |

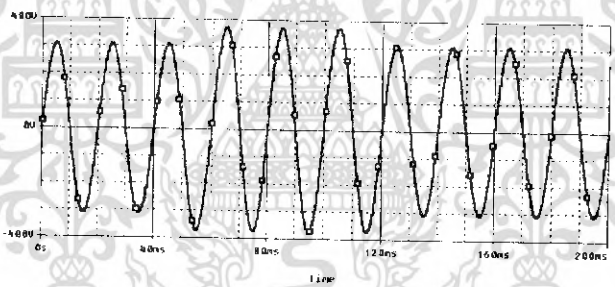
***5. ไฟตกชั่วขณะ ( Voltage Sag )*** เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าขาดหายไปในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งต้องการกระแสสูงกว่าปกติประมาณ 10 เท่า ในขณะเริ่มทำงาน ทำให้มีผลกับอุปกรณ์ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการความต่อเนื่องของแรงดัน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาจจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ( Hang ) หรือ เกิดการรีเซ็ต ( Reset ) ได้ โดย " *ลักษณะไฟตกชั่วขณะจะคิดจากการที่แรงดันอาร์เอ็มเอสของสายกำลังมีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 22 - 198 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลาประมาณ 10 มิลิวินาที – 1 นาที* " แสดงได้ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 รูปคลื่นของแรงดันไฟตกชั่วขณะ

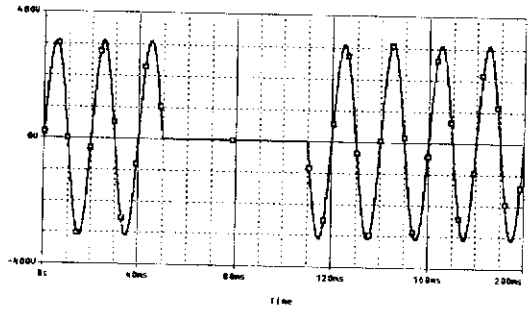
*6. ไฟเกินชั่วขณะ ( Voltage Swell )* เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการใช้งานของชุดตัวเก็บประจุ ( Capacitor Bank ) ทำให้มีผลกับอุปกรณ์หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการความต่อเนื่องของแรงดัน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาจจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์หยุดทำงาน ( Hang ) หรือ เกิดการรีเซ็ต ( Reset ) ได้เช่นเดียวกัน โดย *" ลักษณะไฟเกินชั่วขณะจะคิดจากการที่แรงดันอาร์อีมเอสของสายกำลังมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 242 - 396 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลาประมาณ 10 มิลิวินาที – 1 นาที "* แสดงได้ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 รูปคลื่นของแรงดันไฟเกินชั่วขณะ

*7. ไฟดับชั่วขณะ หรือ ไฟกระพริบ ( Short Interruption )* เป็นปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าขาดหายไปในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการลัดวงจรภายในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันทำการตัดวงจรชั่วคราว ทำให้อุปกรณ์ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำงานได้ โดย *" ลักษณะไฟดับชั่วขณะจะคิดจากการที่แรงดันอาร์อีมเอสของสายกำลังมีค่าลดลงต่ำกว่า 22 $V_{RMS}$ ในช่วงเวลาประมาณ 10 มิลิวินาที – 1 นาที "* แสดงได้ดังรูปที่ 2.28

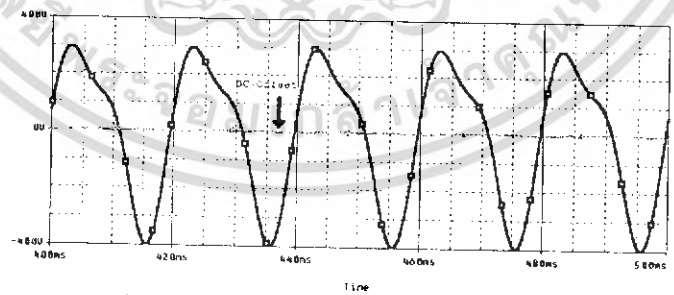
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 รูปคลื่นของแรงดันไฟกระพริบ

***8. ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น ( Waveform Distortion )*** เป็นปรากฏการณ์ที่ลักษณะของรูปคลื่นมีการเบี่ยงเบนไปจากไซน์ ซึ่งอาจจะเกิดจาก องค์ประกอบไฟตรง ( DC Offset ) ฮาร์มอนิก ( Harmonic ) คลื่นแบบน็อตช์ ( Notch ) สัญญาณรบกวน ( Noise ) และ อินเตอร์ฮาร์มอนิก ( Interharmonic ) มักจะเกิดจากสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ( EMI ) หรือ สัญญาณวิทยุความถี่สูง ( RFI ) จากเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น โหลดไม่เป็นเชิงเส้น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า สวิตช์ เครื่องส่งสัญญาณวิทยุกำลังสูง หรือ ฟ้าผ่า เป็นต้น ซึ่งสัญญาณรบกวนจะถูกเหนี่ยวนำกับสายส่งกำลังทำให้สัญญาณแรงดันมีรูปคลื่นไม่เรียบสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล หรือ การสื่อสารข้อมูลได้ ซึ่งเราอธิบายลักษณะความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแบบต่างๆได้ดังนี้

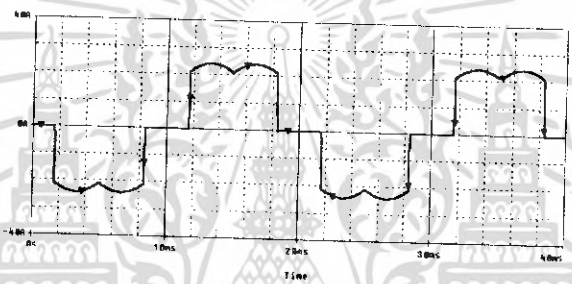
*องค์ประกอบไฟตรง ( DC Offset )* – เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดความไม่สมมาตรของรูปคลื่น ทำให้ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นมีค่าไม่เป็นศูนย์ ซึ่งก็คือค่าของแรงดันไฟตรงที่ปรากฏอยู่ในระบบ ผลของแรงดันไฟตรงนี้จะทำให้เกิดความสูญเสียในรูปความร้อนที่หม้อแปลงและ ระบบส่งกำลังได้



รูปที่ 2.29 รูปคลื่นของแรงดันที่มีองค์ประกอบของแรงดันไฟตรง

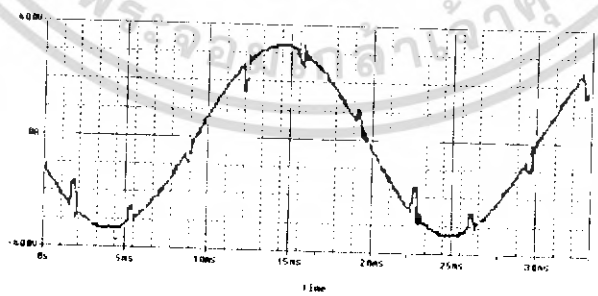
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ฮาร์มอนิก ( Harmonic )* –คือองค์ประกอบของสัญญาณที่มีรูปร่างเป็นไซน์ที่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่ที่สัญญาณหลักมูล ( fundamental frequency ) เช่น ความถี่ในระบบไฟฟ้าบ้านเรามีค่า 50 เฮิรตซ์ ฮาร์มอนิกของสายกำลังจะมีค่าความถี่ต่างๆขึ้นอยู่กับอันดับของฮาร์มอนิก เช่น ฮาร์มอนิกอันดับ3 ( 3th Harmonic ) จะมีความถี่เท่ากับ 150 เฮิรตซ์ ฮาร์มอนิกอันดับ 5 ( 5th Harmonic )จะมีความถี่เท่ากับ 250 เฮิรตซ์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อมีองค์ประกอบที่ฮาร์มอนิกต่างๆปะปนเข้ามาในระบบจะส่งผลให้รูปคลื่นของแรงดัน หรือ กระแส มีขนาดและเฟสเปลี่ยนไป หรือที่เราเรียกว่าเกิดความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น ( Distortion Waveform ) นั่นเอง มักจะเกิดในระบบไฟฟ้าที่มีการใช้งานโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น ปรากฏการณ์เช่นนี้จะมีผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางประเภท หยุดทำงาน หรือทำงานผิดพลาด และ อาจสร้างความเสียหายกับโหลด เช่น มอเตอร์ ได้ ถ้าองค์ประกอบของฮาร์มอนิกมีขนาดใหญ่มาก



รูปที่ 2.30 รูปคลื่นกระแสของแหล่งจ่ายที่มีฮาร์มอนิกปะปนของวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟส

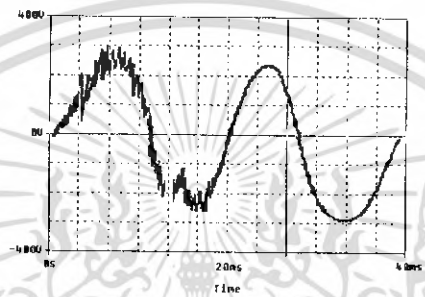
*รูปคลื่นแบบน็อตช์ ( Notch )* –เป็นสัญญาณรบกวนประเภทหนึ่งคล้ายกับสัญญาณรบกวนแบบทรานเซี้ยน ( Transient ) ที่มีการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มักจะเกิดจากการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่มีการสับเปลี่ยนกำลังงานจากแหล่งจ่าย โดยอาจส่งผลรบกวนการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อื่นๆ ให้ทำงานผิดพลาดได้



รูปที่ 2.31 รูปคลื่นของแรงดันที่มีการเกิดน็อตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*สัญญาณรบกวน ( Noise )* – เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดสัญญาณไฟฟ้าที่ไม่ต้องการ และมีความถี่ต่ำกว่า 200 kHz ปะปนเข้ามาในสัญญาณของแรงดัน หรือ กระแสในสายกำลัง ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากการที่ระบบไฟฟ้าไม่มีการต่อสายลงดิน ( grounding ) ที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งอาจเกิดร่วมกับความผิดพลาดทางไฟฟ้าแบบอื่นด้วย ในขณะที่มีการใช้งานอุปกรณ์สวิตชิ่งอื่นๆในระบบ ผลของสัญญาณรบกวนอาจจะทำให้วงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดพลาด หรือ หยุดทำงานได้ ลักษณะของสัญญาณรบกวนในสายกำลังแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.32

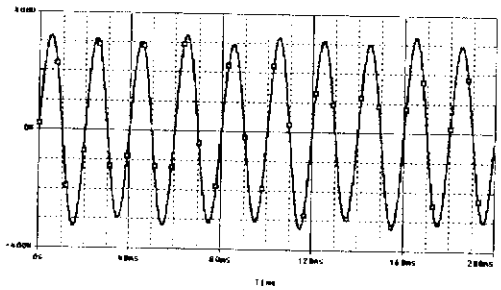


รูปที่ 2.32 รูปคลื่นของสัญญาณรบกวนของแรงดันที่สายกำลังในสภาวะไฟดก

*อินเตอร์ฮาร์มอนิก ( Interharmonic )* – เป็นองค์ประกอบรูปไซน์ที่มีผลเช่นเดียวกันกับฮาร์มอนิก เพียงแต่ความถี่ของสัญญาณรูปไซน์นั้นจะมีค่าไม่เป็นจำนวนเท่าของค่าความถี่หลักมูล ( fundamental frequency ) เช่น ที่ความถี่ 104 Hz , 117 Hz , 157 Hz , 214 Hz เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 50 เฮิรตซ์ เป็นต้น

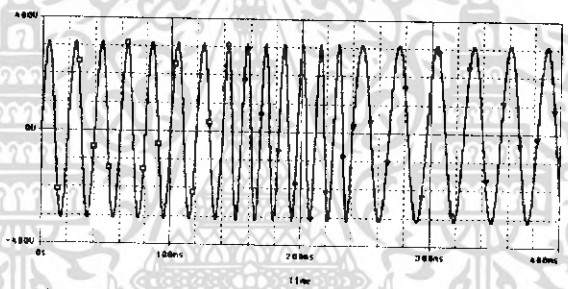
***9. แรงดันกระเพื่อม ( Voltage Fluctuation )*** เป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันอย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 2.33 โดยอาจจะเกิดได้จากการเชื่อมไฟฟ้า ซึ่ง " *ค่าของแรงดันมีขนาดอยู่ระหว่าง 209 – 231* $V_{RMS}$ " และ ผลกระทบต่อการทำงานของโหลดจะเกิดขึ้นได้มาก หรือ น้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันกระเพื่อมเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 รูปคลื่นของแรงดันกระเพื่อม

***10. การเปลี่ยนความถี่ ( Frequency Variation )*** เป็นปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 50 เฮิรตซ์ดังแสดงในรูปที่ 2.34 ซึ่งมักจะมีผลมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะมีผลกระทบต่อการทำงานของโหลดประเภทเชิงกลอย่างมาก เนื่องจากมีการทำงานสัมพันธ์กับความถี่



รูปที่ 2.34 รูปคลื่นของแรงดันที่มีการเปลี่ยนความถี่

**2.2.3 นิยามและคำจำกัดความบางส่วนที่สำคัญเกี่ยวกับระบบ UPS**

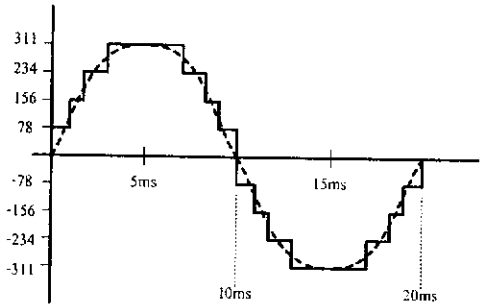
เครื่องสำรองไฟฟ้า ( UPS ) เครื่องสำรองไฟฟ้า หรือ ที่เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อย่อทางภาษาอังกฤษว่า " UPS " ที่มีที่มาจากชื่อเดิมว่า " Uninterruptable Power Supply " ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการจ่ายกำลังงานให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นโหลด เมื่อเกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าดับ ( Blackout ) หรือ ไฟฟ้าตก ( Brownout ) จากสภาวะไฟฟ้าปกติ เครื่อง UPS ที่มีใช้งานอาจจะมีหลายขนาด รูปร่าง และ ความสามารถในการจ่ายกำลังงานที่แตกต่างกันออกไป แต่มักจะมีหลักการทำงานพื้นฐานที่เหมือนๆกันคือ ในขณะที่มีการใช้งานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าอย่างปกติ แบตเตอรี่ที่อยู่ภายในตัว UPS จะได้รับการประจุพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ และเมื่อมีปรากฏการณ์ ไฟฟ้าตก หรือ ไฟฟ้าดับ เกิดขึ้น แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าแทนเพื่อให้โหลดยังได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ( online ) ในทางปฏิบัติแบตเตอรี่แต่ละตัวจะมีความสามารถในการจ่ายกำลังงานได้อย่างจำกัด ดังนั้นโดยหลักการแล้ว UPS จะต้องสามารถจ่ายกำลังงานไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการปิดระบบที่ใช้งานอยู่ได้อย่างสมบูรณ์

*อินเวอร์เตอร์ ( Inverter )* อินเวอร์เตอร์ หรือ ตัวผันกลับ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟตรง ให้เป็นแรงดันไฟสลับเทียม ที่ใช้คำว่า " เทียม " เนื่องจากว่ารูปคลื่นของแรงดันไฟสลับที่ได้จากตัวอินเวอร์เตอร์นั้นจะไม่เรียบเหมือนกับสัญญาณไซน์จริงๆ เพราะการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์จะใช้วิธีการ เปิด/ปิด ค่าของแรงดันไฟตรงให้มาปรากฏที่ด้านขาออก ( output ) ด้วยช่วงเวลาสั้นๆและมีความไวสูง เพื่อทำการปรับระดับของแรงดันขาออกให้ใกล้เคียงกับไฟสลับรูปไซน์ให้มากที่สุด ซึ่งในกระบวนการสร้างสัญญาณไฟสลับด้านขาออกนี้มีหลากหลายวิธี เช่น Frequency Modulation ; FM Pulse Width Modulation ; PWM เป็นต้น ซึ่งเราสามารถอธิบายการทำงานอย่างง่ายๆของตัวอินเวอร์เตอร์ได้ดังนี้ เนื่องจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทยมีการทำงานที่แรงดันรูปคลื่นเป็นไซน์ขนาด 220 $V_{RMS}$ และความถี่ 50 เฮิรตซ์ ( Hertz ) โดยการทำงานเป็นคาบเวลาเริ่มจากจุดอ้างอิง 0V เพิ่มเป็นบวกถึงค่าสูงสุดประมาณ 311 V และลดลงจนกระทั่งมีค่าเป็นลบสูงสุดที่ -311 V จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเข้าจุด 0 V เป็นการครบ 1 คาบเวลาที่ 1/50 วินาที ( 20 ms ) หรือ 50 เฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่11 ( เส้นประ ) ดังนั้นตัวอินเวอร์เตอร์จะต้องทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของแรงดันที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าเราพิจารณาอินเวอร์เตอร์อย่างง่ายที่ทำงานไม่ละเอียดนักโดยทำการจ่ายแรงดันเริ่มต้นที่ 78 V จากนั้นเปลี่ยนระดับของแรงดันเป็น 156 234 311 234 156 และ 78 ตามลำดับในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนครบครึ่งคาบจากนั้นทำการเปลี่ยนระดับแรงดันเช่นเดียวกันในด้านลบอีกครึ่งคาบ เราจะได้รูปคลื่นของสัญญาณไฟสลับเทียมทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ดังรูปที่ 2.35 ( เส้นทึบ ) ซึ่งจากรูปคลื่นนี้เราจะเห็นว่าสัญญาณไฟสลับที่ได้ไม่เป็นไซน์ แต่ว่าสามารถนำไปใช้งานได้ดีในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท ส่วนในกรณีที่ต้องการรูปคลื่นสัญญาณที่เรียบมากขึ้น เราจำเป็นต้องเพิ่มตัวกรอง ( filter ) ทางด้านขาออกของตัวอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.35 การสร้างสัญญาณไฟสลับเทียมด้วยอินเวอร์เตอร์อย่างง่าย

*อัตราวีเอ ( VA ) และ วัตต์ ( Watt )* หน่วยของโวลต์-แอมแปร์มักจะมีชื่อเรียกย่อๆว่า " วีเอ ( VA ) " ซึ่งเป็นหน่วยของแรงดันคูณกับกระแส เป็นการบ่งบอกถึงอัตราสูงสุดของแหล่งกำลังงานนั้น หน่วยของ VA นี้บางครั้งจะสร้างความเข้าใจผิดกับหน่วยของกำลังงานที่เป็น วัตต์ ( Watt ) เนื่องจากค่าของกำลังงานที่เป็นวัตต์นั้นสร้างขึ้นมาจากผลคูณของแรงดันและกระแสเช่นกัน แต่กำลังงานในหน่วยวัตต์นั้นเป็นค่ากำลังงานเฉลี่ย ( $P_{AV}$ ) ที่เกิดขึ้นที่โหลดจริงซึ่งมีค่าแปรผันตามกับเทอมของตัวประกอบกำลังดังสมการนี้

$$P_{AV} = (V_{RMS} \cdot I_{RMS}) \cdot k_p \quad (1)$$

*ออนไลน์ ( On-Line )* คำว่า *ออนไลน์* มีความหมายที่ตรงตัว แสดงถึงสภาวะที่อุปกรณ์หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้ามีการทำงานอยู่ โดยต่อตรงเข้ากับแหล่งจ่ายกำลังงาน หรือ ระบบ

*ออฟไลน์ ( Off-Line )* คำว่า *ออฟไลน์* นี้เป็นคำศัพท์เฉพาะที่ใช้กันกันในระบบอุตสาหกรรมเท่านั้น และยังไม่มีความหมายที่นิยามจนเป็นที่ยอมรับอย่างเป็นพื้นฐานเดียวกัน เนื่องจากในความรู้สึกโดยทั่วไปแล้ว คำว่า ออฟไลน์ เรามักจะหมายถึง การไม่ทำงาน หรือ ไม่มีการใช้งาน ดังนั้นการที่อุปกรณ์ใดๆ ออฟไลน์ นั้นควรจะหมายความว่า อุปกรณ์ตัวนั้นถูกลด หรือ ปิดแหล่งจ่ายกำลังงาน หรือ อาจจะถูกปลดการเชื่อมต่อออกจากระบบ แต่ความหมายของการใช้คำว่า ออฟไลน์ ที่สร้างขึ้นมาใหม่เฉพาะในวงอุตสาหกรรม มีขึ้นเพื่อ เขียนต่อท้ายกำกับผลิตภัณฑ์ ให้รู้ถึงสถานะการทำงานที่เกิดขึ้นภายหลังจากสภาพการทำงานหลัก เช่น UPS Off-Line แสดงให้เรารู้ว่าเมื่อ UPS ทำงานจะมีการตัดสายส่งกำลัง ( Line ) ออกจากระบบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*โหลด ( Load )* โหลดในที่นี้คือภาระ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาต่อเข้าทางด้านไฟสลับขาออกของตัว UPS ในกรณีที่ทำการสำรองไฟฟ้าแสงสว่าง โหลด คือ หลอดไฟ ส่วนในกรณีที่ใช้งานกับระบบคอมพิวเตอร์ โหลด คือ จอภาพ ( monitor ) เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ( printer ) โมเดม ( modem ) หรือ ในระบบเครื่องเสียง โหลด คือ เครื่องขยายเสียง เป็นต้น ดังนั้นโหลดของ UPS จะแปรเปลี่ยนไปตามระบบงานที่ทำการสำรองไฟ ซึ่งโหลดแต่ละชนิดจะมีความต้องการใช้กำลังงานไฟฟ้าในลักษณะ ของความต่อเนื่องกำลังงาน รูปคลื่นของแรงดันไฟสลับเทียม ที่แตกต่างกัน เช่น UPS ที่มีรูปคลื่นแบบสี่เหลี่ยม ( Square Wave ) และ UPS ที่มีรูปคลื่นแบบสี่เหลี่ยมดัดแปลง ( Modified Square Wave ) สามารถใช้ได้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดไฟเป็นแบบหลอดไส้ ( incandescent ) แต่จะไม่สามารถใช้งานได้กับระบบหลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์ ( Fluorescent ) เป็นต้น จากตัวอย่างดังกล่าว เราจึงควรที่จะทำความเข้าใจกับระบบสำรองไฟที่ใช้ UPS เพื่อให้สามารถเลือกใช้งาน UPS หลากหลายลักษณะที่มีขายอยู่ในท้องตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

*ระยะเวลาในการสำรองไฟ ( Back up Time )* เป็นระยะเวลาที่ UPS สามารถทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนให้กับ โหลด หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดมลภาวะทางไฟฟ้า เช่น ไฟตก ไฟดับ เป็นต้น ซึ่งระยะเวลาในการสำรองไฟฟ้า มีหน่วยเป็น นาที หรือ ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับจำนวนพลังงานที่แบตเตอรี่ โดยจะทำการนับตั้งแต่วินาทีที่มีปัญหาทางไฟฟ้า จนกระทั่งถึงเวลาที่ UPS ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จนหมด หรือ ไม่สามารถใช้งานได้ปกติ

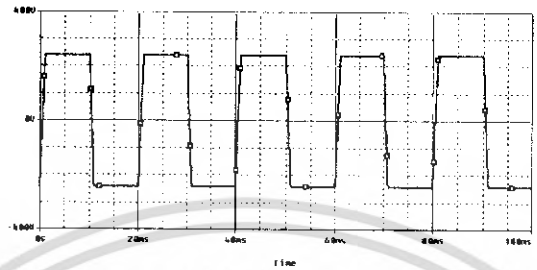
**2.2.4 การแบ่งประเภท UPS ในการใช้งาน**

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง UPS นี้เราสามารถแบ่งชนิดได้หลายประเภทตามลักษณะของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออก หรือ แบ่งประเภทตามโครงสร้างการทำงานและการจ่ายกำลังงาน ซึ่งถ้าเราสามารถแบ่งประเภทของ UPS ตามลักษณะของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกได้ 4 ประเภท ดังนี้

***1. UPS ที่มีลักษณะดันทางด้านขาออกเป็นของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ( Square Wave )*** ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.36 UPS ที่มีรูปคลื่นลักษณะเช่นนี้ นับเป็น UPS ที่ไม่เลวร้ายมากนัก ถ้าต้องใช้งานกับโหลดประเภท หลอดไฟแบบไส้ ( incandescent ) หรือ เครื่องทำความร้อนที่มีโหลดเป็นความต้านทาน ( Resistive Heater ) แต่ไม่เหมาะกับโหลดประเภท หลอดไฟแบบ ฟลูออเรสเซนต์ (

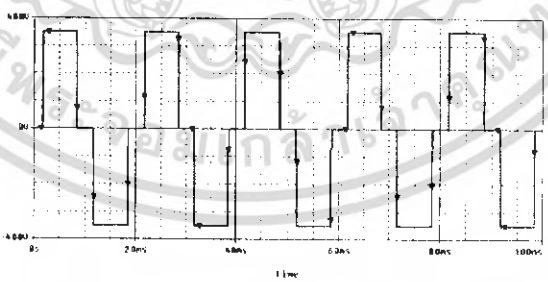
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fluorescent ) เครื่องคอมพิวเตอร์ มอเตอร์ และ เครื่องเสียง เนื่องจากมีคุณภาพของสัญญาณแรงดันด้านขาออกต่ำเพราะมีฮาร์มอนิก ( Harmonic ) ขนาดใหญ่ ปะปนอยู่มาก แต่มีจุดเด่นที่ราคาต่ำที่สุดนั่นเอง



รูปที่ 2.36 ลักษณะรูปคลื่นของ UPS แบบสี่เหลี่ยม ( Squre Wave )

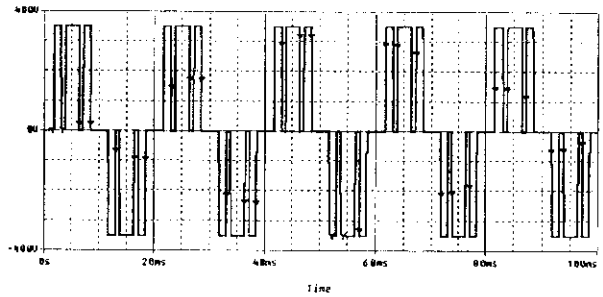
***2. UPS ที่มีลักษณะของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมดัดแปลง ( Modified Square Wave )*** ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.37 ระบบแบบนี้เป็นการดัดแปลงจาก UPS แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยมข้างต้น โดยควบคุมการทำงานจากวัฏจักรงานของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม เพื่อกำจัดฮาร์มอนิกขนาดใหญ่ๆ ( อันดับ$3^{th}$ และ อันดับ$5^{th}$ ) ของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออก ซึ่ง UPS ที่มีรูปคลื่นขณะทำงานในลักษณะเช่นนี้ นับเป็น UPS ที่พอใช้งานได้ เพราะถึงแม้ว่าจะยังคงมีสัญญาณที่ไม่ต้องการปะปนอยู่มากในสายกำลัง แต่สามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดการเสียหายของอุปกรณ์ที่โหลด ซึ่งมักจะนิยมใช้ในการสร้าง UPS ขนาดเล็กสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ยังไม่เหมาะกับโหลดประเภท หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ มอเตอร์ และ เครื่องเสียง สำหรับราคาของ UPS ชนิดนี้ก็ยังมีราคาค่อนข้างต่ำ



**รูปคลื่นที่กำจัดฮาร์มอนิกที่ 3**

( นิยมมากใน UPS ขนาดเล็กเนื่องจากราคาถูก )

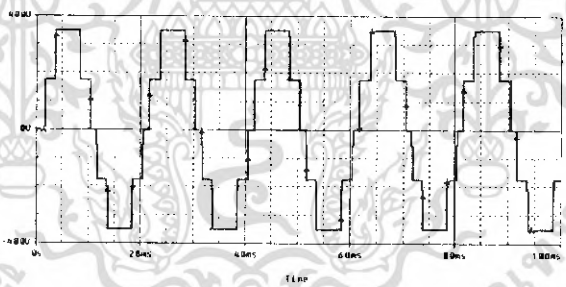
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปคลื่นที่กำจัดฮาร์มอนิกที่ 5

รูปที่ 2.37 ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นสี่เหลี่ยมดัดแปลง ( Modified Squre Wave )

***3. UPS ที่มีลักษณะของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมแบบระดับขั้น ( Stepped Square Wave )*** ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.38 ระบบนี้จะมีรูปคลื่นคล้ายสัญญาณไซน์ จึงอาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าเป็น UPS แบบรูปคลื่นไซน์ดัดแปลง ( Modified Sine Wave ) UPS ที่มีรูปคลื่นขณะทำงานในลักษณะเช่นนี้ นับเป็น UPS ที่อยู่ในเกณฑ์ดี เราถือได้ว่าเป็นแหล่งจ่ายไฟสลับที่มีคุณภาพของสัญญาณดี และสามารถนำมาใช้งานได้กับโหลดประเภท มอเตอร์ หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ หรือ เครื่องทำความเย็น ( Refrigerator ) ได้ ถ้าแบตเตอรี่มีกำลังงานเพียงพอ แต่ UPS ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง

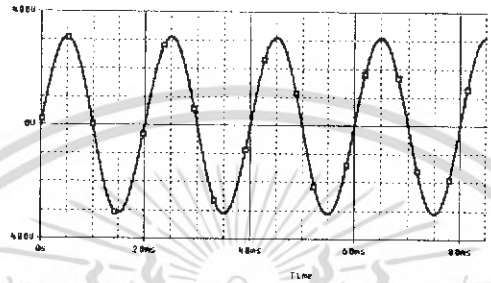


รูปที่ 2.38 ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นสี่เหลี่ยมแบบระดับขั้น ( Stepped Square Wave ) หรือ UPS แบบรูปคลื่นไซน์ดัดแปลง ( Modified Sine Wave )

***4. UPS ที่มีลักษณะของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกเป็นรูปไซน์ ( Sine Wave )*** ดังแสดงในรูปที่ 2.39 ระบบนี้นับเป็น UPS ที่ดีที่สุด และ มีราคาสูงที่สุดด้วย เนื่องจาก UPS จะทำงานโดยจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้แก่โหลดด้วยลักษณะที่เหมือนกันกับแหล่งจ่ายกำลังเดิม ( การไฟฟ้า ) และ สัญญาณแรงดันทางด้านขาออกไม่มีฮาร์มอนิกปะปนมากนัก ดังนั้น UPS จะไม่เป็นตัวสร้างสัญญาณรบกวนให้กับ โหลด หรือ วงจรอื่นๆ ดังนั้น UPS ประเภทนี้จึงเหมาะกับการใช้งานกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดในทุกประเภท และใช้งานได้ดีกับโหลดแบบเครื่องเสียงอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การใช้งาน UPS ประเภทนี้มีข้อระมัดระวังในการใช้งานคือ เราจะต้องมั่นใจได้ว่า กำลังงานที่ตัว UPS จะต้องเพียงพอแก่โหลด เพราะถ้า UPS ทำงานในสภาวะโหลดสูง ( Heavy Load ) อาจจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยน ( distortion ) เพิ่มขึ้นในรูปสัญญาณ และ จะเริ่มปลดปล่อยฮาร์มอนิกทางด้านขาออกเช่นเดียวกับรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



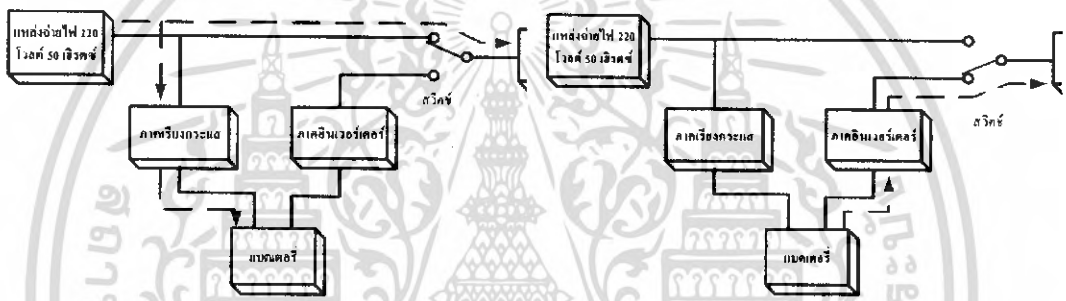
รูปที่ 2.39 ลักษณะรูปคลื่นของ UPS ที่เป็นไซน์

การแบ่งประเภทของ UPS เป็น 4 ประเภทดังกล่าวข้างต้นเพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้งาน UPS ตามคุณภาพของสัญญาณทางด้านขาออกของ UPS ให้เหมาะสมกับโหลด เนื่องจากโหลดแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ตามสภาวะของรูปคลื่นแรงดัน ดังนั้น ถ้าเราเลือกรูปคลื่นของ UPS ผิดรูปแบบ โหลดอาจจะเกิดความเสียหาย หรือ ทำงานได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจากการแบ่ง UPS ทั้ง 4 ประเภท เราจะเห็นว่าคุณภาพของรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกมีค่าสูงขึ้นเรียงตามลำดับ แต่ถ้าเราพิจารณาในด้านประสิทธิภาพ ; $\eta$( กำลังงานด้านขาออก / กำลังงานด้านขาเข้า ) เราจะพบว่า UPS ที่มีรูปคลื่นของแรงดันทางด้านขาออกไม่เป็นไซน์จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % หรือ อาจจะมากกว่า 90 %ได้ แต่สำหรับ UPS ที่มีรูปคลื่นของแรงดันทางด้านขาออกเป็นไซน์จะมีประสิทธิภาพอยู่ประมาณ 50 % เท่านั้น ดังนั้นการใช้งาน UPS ชนิดรูปคลื่นไซน์จะมีระยะเวลาในการสำรองไฟ ( Back up Time )ได้น้อยกว่า เมื่อใช้แบตเตอรี่ขนาดเดียวกัน หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ถ้าต้องการให้ UPS แบบรูปคลื่นไซน์สามารถสำรองไฟฟ้าได้ในระยะเวลาเท่าๆกัน เราจะต้องเพิ่มเซลล์ของแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งพลังงานของระบบ โดยทั่วไปถ้ากล่าวถึงลักษณะการแปลงผันกำลังงานของ UPS แล้ว มักจะมีความเข้าใจกันว่า ระบบการแปลงผันกำลังงานของ UPS นั้นมีเพียง 2 ระบบเท่านั้นคือ สแตนบายต์ UPS ( Standby UPS ) หรือ ออฟ-ไลน์ UPS ( Off-Line UPS ) กับแบบออนไลน์ UPS ( On-Line UPS )และมักจะมีการใช้ชื่อ 2 ชนิดนี้ในการโฆษณาสินค้ากันอย่างหลากหลาย ดังนั้นเราจะขจัดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการเรียกชื่อเหล่านี้โดยพิจารณาจากโครงสร้างที่แท้จริง และ แบ่งชนิดของ UPS ออกตามโครงสร้าง ลักษณะการแปลงผัน ( Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Convertion ) และความต่อเนื่องของกำลังงานด้านขาออก ( Output Power Continuity ) ไปยังโหลดได้เป็น 6 ประเภท ( ซึ่งในแต่ละประเภทอาจจะมีลักษณะรูปคลื่นแรงดันทางด้านขาออกได้ตาม 4 ประเภทดังอธิบายมาแล้วข้างต้น ) คือ

***1. สแตนบายด์ UPS ( Standby UPS ) หรือ ออฟ-ไลน์ UPS ( Off-Line UPS )*** เป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยมีสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงาน ( Transfer Switch ) ซึ่งมักจะใช้ รีเลย์ ในการส่งผ่านกำลังงานจากแหล่งจ่ายกำลังงานหลักไปสู่โหลดในสภาวะปกติ และทำการประจุพลังงานเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อเกิดมีความผิดพลาดที่แหล่งจ่ายกำลังงานหลัก สวิตช์จะทำการเชื่อมต่อตัวอินเวอร์เตอร์ และ แบตเตอรี่ เพื่อสร้างแหล่งกำลังงานไฟสลับเทียมสำรองให้แก่โหลดดังแสดงแผนผังการทำงานได้ดังรูปที่ 2.40




การทำงานในสภาวะปกติ การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในสายกำลัง

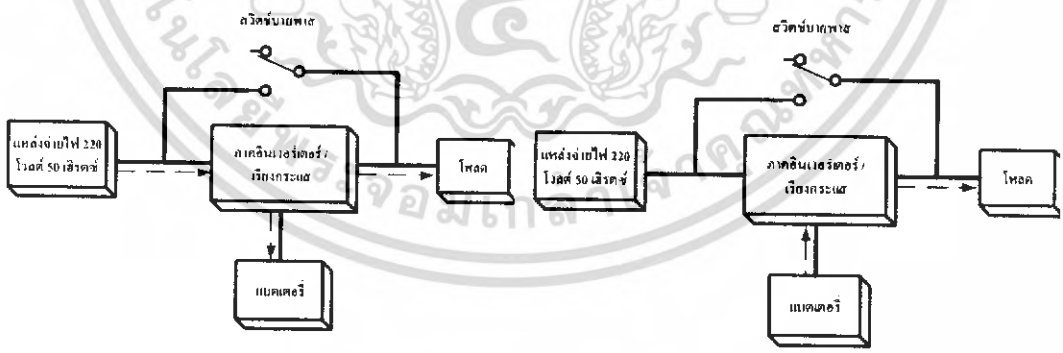
รูปที่ 2.40 แผนผังการทำงานของสแตนบายด์ UPS

อินเวอร์เตอร์ของ UPS ชนิดนี้ จะทำงานเพียงเฉพาะในขณะที่เกิดความผิดพลาดของกำลังงานในสายกำลังหลักเท่านั้น จึงถูกตั้งชื่อว่าเป็นลักษณะ " *สแตนบายด์* " และเนื่องจากในการสำรองไฟฟ้าให้แก่โหลด สวิตช์จะมีการตัดสายกำลังหลักออกจากระบบ เราจึงอาจเรียกการทำงานในลักษณะนี้ได้ว่าเป็นแบบ " *ออฟ-ไลน์* " ข้อดีของ UPS ชนิดนี้คือมีประสิทธิภาพสูง ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และราคาถูก แต่มีข้อเสียซึ่งเกิดจากการใช้สวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานทำให้เกิดระยะเวลาในการถ่ายโอนกำลังงาน ( Transfer Time ) ขึ้นทำให้ไม่สามารถป้องกันมลภาวะทางไฟฟ้าที่เกิดในระยะเวลาสั้นๆได้ จึงเหมาะสมที่จะใช้กับแหล่งพลังงานหลักที่มีมลภาวะทางไฟฟ้าไม่มาก เช่นใช้ในการสำรองไฟฟ้าขณะไฟดับ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***2. ไลน์อินเตอร์แอกตีฟ UPS ( Line Interactive UPS )*** เป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมากในงานธุรกิจขนาดย่อม เวปเซอร์ฟเวอร์ ( Web Server ) เป็นต้น โครงสร้างของ UPS แบบนี้ตัวอินเวอร์เตอร์จะต่อเข้ากับด้านขาออกของ UPS ตลอดเวลา โดยการประจุแบตเตอรี่จะเกิดขึ้นในช่วงที่ระบบสายส่งกำลังหลักอยู่ในสภาวะปกติ โดยผ่านการแปลงผันกำลังงานจากไฟสลับ-ไฟตรงด้วยตัวอินเวอร์เตอร์ และ เมื่อสายส่งกำลังงานหลักมีปัญหาเกิดขึ้น สวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานจะเปิดออก ทำให้กำลังงานจะถูกถ่ายเทจากแบตเตอรี่ผ่านอินเวอร์เตอร์ออกไปยังโหลด ดังแสดงแผนผังการทำงานดังรูปที่ 2.41 จากการที่อินเวอร์เตอร์ต่อตรงเข้ากับด้านขาออกของ UPS ตลอดเวลาเช่นนี้ย่อมทำให้มีการกรองสัญญาณไฟฟ้าอยู่ และ ยังช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการสวิตช์ชั่วขณะ ดังเช่นที่เกิดในสแตนบายด์ UPS นอกจากนี้ตัวอินเวอร์เตอร์ยังเป็นตัวควบคุมเรกกูเลชั่น ( Regulation ) ด้วย โดยจะมีการทำงานเพื่อแก้ไขเมื่อเกิดสภาวะไฟฟ้าตก ( Brownout ) ด้วยการบังคับให้ UPS ทำการถ่ายเทพลังงานจากแบตเตอรี่ออกมาทดแทน ดังนั้น UPS ประเภทนี้จึงค่อนข้างเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ที่มีมลภาวะทางไฟฟ้าสูง

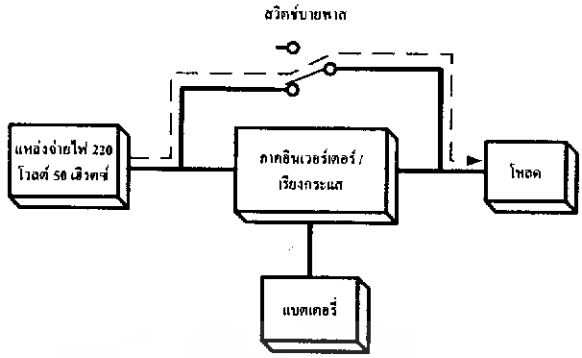
อย่างไรก็ตาม UPS ประเภทนี้จะต้องออกแบบให้พลังงานไฟฟ้าจากด้านขาเข้า ( AC ) จะยังคงสามารถส่งผ่านไปยังโหลดได้ถึงแม้ว่าจะเกิดความผิดพลาดขึ้นในตัวอินเวอร์เตอร์ ด้วยการแยกเส้นทางส่งกำลังออกจากกันเพื่อกำจัดแหล่งแรงดันที่มีปัญหาออกไป ด้วยโครงสร้างลักษณะเช่นนี้ทำให้ UPS ประเภทนี้มีประสิทธิภาพมากอยู่แล้ว และยังทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือสูงในการควบคุมและแก้ไขปัญหาสภาวะไฟตก ไฟเกิน อีกด้วย นอกจากนี้เนื่องจากราคาที่ค่อนข้างต่ำทำให้ UPS ประเภทนี้ค่อนข้างโดดเด่นมากในระดับกำลังงานขนาด 500-5k VA




การทำงานในสภาวะปกติ

การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในสายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในตัวอินเวอร์เตอร์

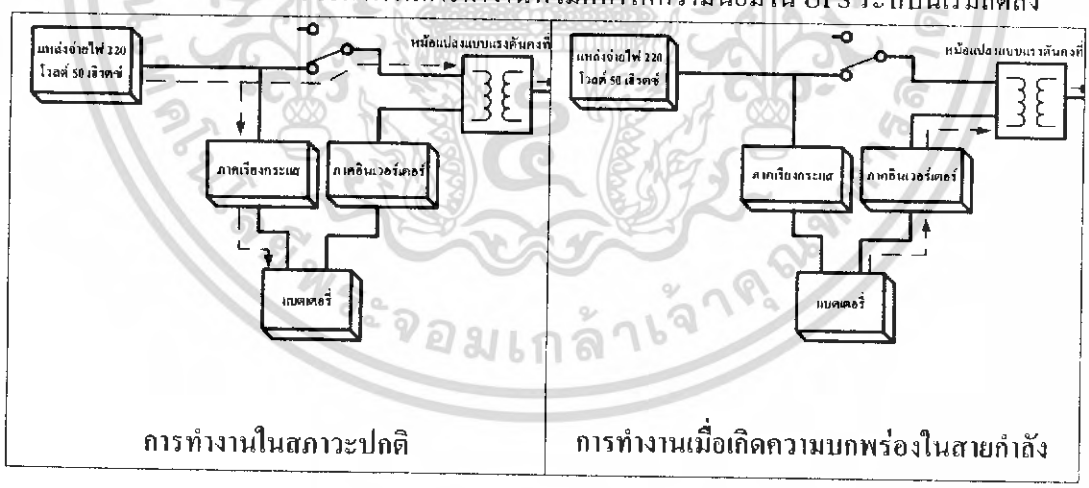
รูปที่ 2.41 แผนผังการทำงานของไลน์อินเตอร์แอกตีฟ UPS

***3. สแตนบายด์ออน-ไลน์ไฮบริดจ์ UPS ( Standby On-Line Hybrid )*** เป็นโครงสร้างอีกแบบหนึ่งซึ่งมีการใช้คำว่า *" ออน-ไลน์ "* ในระบบ และ นิยมกันมากในการสร้าง UPS ขนาดกำลังงานต่ำกว่า 10 kVA ในระบบ UPS ประเภทนี้จะมีการทำงานของตัวแปลงผันที่คอยสนับสนุนระบบจากแบตเตอรี่ เมื่อระบบกำลังงานหลักที่ด้านไฟสลับมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเช่นเดียวกันกับใน สแตนบายด์ UPS และยังมีชุดวงจรที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ที่คล้ายคลึงกันอีกด้วย แต่ใน UPS ประเภทนี้จะไม่มีระยะเวลาในการถ่ายโอนกำลังงานเกิดขึ้น ( No Transfer Time ) ในระหว่างที่เกิดความผิดพลาดในด้านไฟสลับ ซึ่งทำให้มักจะเกิดความเข้าใจผิดกันมากว่าใน UPS ชนิดนี้จะมีส่วนกำลังงานในด้านไฟสลับต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟสลับด้านขาเข้าตลอดเวลา ( ออน-ไลน์ ) แต่ว่าในความเป็นจริงแล้ว จะมีการทำงานของอินเวอร์เตอร์จากแบตเตอรี่ไปยังด้านขาออกที่ ออน-ไลน์ ครึ่งวัฏจักรงาน ( Half-Cycle ) หรือเราเรียกได้ว่า *" กึ่งออน-ไลน์"* ในขณะที่อีกครึ่งวัฏจักรงานจะเป็นการทำงานในส่วนของโหมดสแตนบายด์ โดยมีการแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ( DC to DC Converter ) โดยในการออกแบบโครงสร้างลักษณะนี้อาจจะมีการเพิ่มสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานเพื่อให้ทำงานในขณะที่เกิดสภาวะโหลดเกินพิกัด หรือ ระบบไม่สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชั่น

***4. สแตนบาย-เฟอร์โร UPS ( Standby-Ferro UPS )*** เป็น UPS อีกประเภทหนึ่งที่มีความโดดเด่นมากในย่านการใช้งานของระดับกำลังงานขนาด 3-15 kVA ซึ่งการออกแบบ UPS ประเภทนี้มีหัวใจหลักอยู่ที่หม้อแปลงแบบพิเศษ ( Special Transformer ) ที่มีขดลวดทั้งสิ้น 3 ชุด โดยกำลังงานทางด้านไฟสลับขาเข้าจะผ่านสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงาน และผ่านไปยังด้านขาออกด้วยการเชื่อมโยงของหม้อแปลง เมื่อแรงดันไฟสลับทางด้านขาเข้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น สวิตช์ถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

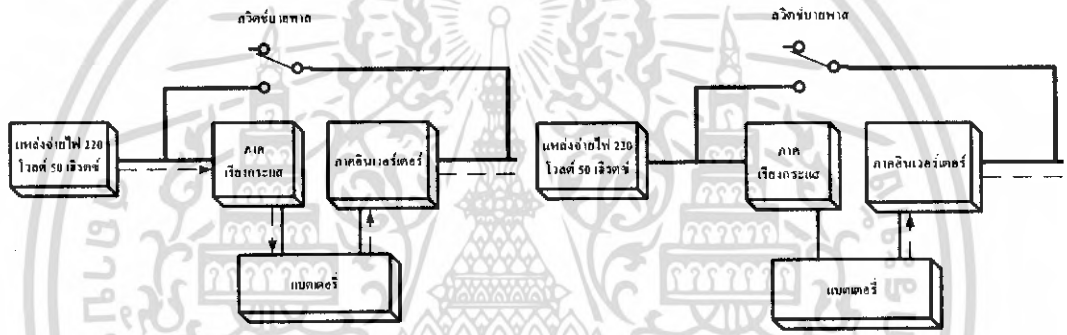
กำลังงานจะเปิดออก และ ตัวอินเวอร์เตอร์จะทำการรับภาระที่โหลดแทนดังแผนผังแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.42 ดังนั้นกล่าวได้ว่า ในตัวอินเวอร์เตอร์ในสแตนบายด์-เฟอร์โร UPS จะทำงานแบบคอยสนับสนุนระบบ ( Standby ) และมีการทำงานขึ้นเฉพาะเมื่อมีปัญหาทางไฟฟ้า และ เปิดสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงาน นอกจากนี้ตัวหม้อแปลงพิเศษแบบ "เฟอร์โร-เรโซแนนซ์ ( Ferro-resonant ) หรือ หม้อแปลงแรงดันคงที่ ( Constant Voltage Transformer ) มีความสามารถที่จะจำกัดเทอมเรกกูเลชั่นทางด้านขาออก ( ควบคุมแรงดันให้คงที่ ) และ การใช้หม้อแปลงเฟอร์โร-เรโซแนนซ์ในการแยกโดดจากด้านไฟสลับหลักจะทำให้เราสามารถกำจัดองค์ประกอบชั่วขณะทางกำลังงานไฟสลับขาเข้า ( AC Power Transient ) ออกไปได้ดีกว่าการใช้ตัวกรองใดๆเพิ่มเข้ามาทางด้านขาเข้า แต่ว่าตัวหม้อแปลงเฟอร์โร-เรโซแนนซ์นี้มีข้อเสียจากการทำให้รูปคลื่นของแรงดันทางด้านขาออกมีความผิดเพี้ยนสูง และเป็นตัวสร้างองค์ประกอบชั่วขณะทางด้านขาออกเสียเอง ( ซึ่งอาจจะแย่กว่าการต่อจากไฟสลับโดยตรงเสียอีก ) นอกจากนี้ลักษณะ UPS แบบนี้จะเป็นชนิดสแตนบายด์ UPS ก็ตาม แต่ตัวสแตนบาย-เฟอร์โร UPS จะสร้างความร้อนจำนวนมาก เนื่องจากตัวหม้อแปลงชนิดเฟอร์โร-เรโซแนนซ์เป็นหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพไม่สูงมาก โดยทั่วไปแล้ว UPS ชนิดนี้มักจะถูกนำเสนอว่าเป็นชนิด ออน-ไลน์ ทั้งๆที่โครงสร้างของสแตนบาย-เฟอร์โร UPS จะมีสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานในวงจร อินเวอร์เตอร์ทำงานในสแตนบายด์โหมด และ สวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานทำงานเมื่อไฟสลับด้านขาเข้ามีปัญหา อย่างไรก็ตาม UPS ชนิดนี้มีจุดเด่นในเรื่องของการกรองในสายกำลังที่ดี แต่ในปัจจุบัน เมื่อนำโหลดของวงจรที่มีการแก้ตัวประกอบกำลังร่วมอยู่ด้วยจะทำให้เกิดประสิทธิภาพต่ำ และ มีเสถียรภาพในการทำงานที่ไม่ดีทำให้ความนิยมใน UPS ระบบนี้เริ่มลดลง




รูปที่ 2.42 แผนผังการทำงานของสแตนบายด์-เฟอร์โร UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***5. ดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ( Double Conversion On-Line UPS )*** เป็น UPS ที่นิยมผลิตกันมากในระบบที่มีกำลังสูงกว่า 10 kVA โดยลักษณะโครงสร้างของ ดับเบิ้ลคอนเวอร์ชั่นออน-ไลน์จะคล้ายกับสแตนบายด์ UPS เพียงแต่ว่ากำลังงานหลักจะมาจากอินเวอร์เตอร์แทนที่จะมาจากแหล่งจ่ายไฟสลับ ( AC ) ดังนั้นในการออกแบบการทำงานของ UPS ชนิดนี้ตัวสวิตช์ถ่ายโอนกำลังงานจะไม่ทำงานถึงแม้ว่าไฟสลับทางด้านขาเข้าจะมีปัญหา เพราะแหล่งกำลังงานหลักมาจากตัวอินเวอร์เตอร์และแบตเตอรี่ ดังนั้นเราก็ล่าวได้ว่าเมื่อระบบสายกำลังด้านไฟสลับขาเข้ามีปัญหาระบบจะยังคงออน-ไลน์อยู่โดยไม่เกิดระยะเวลาในการถ่ายโอนกำลังงาน ส่วนระยะเวลาในการถ่ายโอนกำลังงานจะมีขึ้นก็ต่อเมื่อ ตัวประจุแบตเตอรี่ ตัวอินเวอร์เตอร์ หรือ ตัวแบตเตอรี่มีปัญหาดังแผนผังแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.43 แต่เนื่องจาก UPS ประเภทนี้จ่ายกำลังงานที่โหลดจากตัวอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างกระทันหันย่อมอาจจะทำให้กำลังงานของภาคอินเวอร์เตอร์ตกลงในช่วงสั้นๆได้

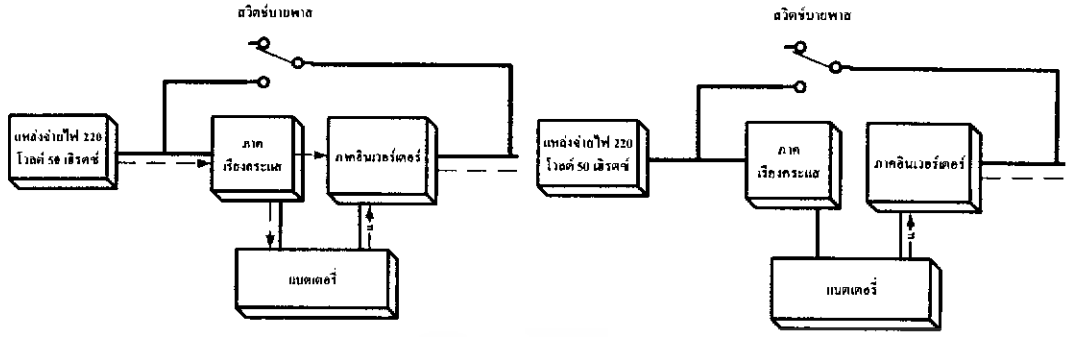



การทำงานในสภาวะปกติ การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในสายกำลัง

รูปที่ 2.43 แผนผังการทำงานของดับเบิ้ลคอนเวอร์ชั่นออน-ไลน์ UPS

***6. เดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ( Delta Conversion On-Line UPS )*** เป็น UPS ที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีใหม่เพื่อแก้ไขข้อเสียที่เกิดขึ้นกับ UPS แบบดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ ซึ่งมีอัตรากำลังงานตั้งแต่ขนาด 5 kVA ขึ้นไป การทำงานของ UPS ชนิดนี้จะคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**การทำงานในสภาวะปกติ** **การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในสายกำลัง**

รูปที่ 2.44 แผนผังการทำงานของเดลต้าคอนเวอร์ชั่นออน-ไลน์ UPS

กันกับดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS คือ กำลังงานทางด้านขาออกจะมาจากตัวอินเวอร์เตอร์ แต่ว่าในการทำงานของเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS จะมีการส่งกำลังงานสนับสนุนแก่ภาคขาออกของอินเวอร์เตอร์ร่วมด้วย ดังนั้นภายใต้สภาวะที่มีมลภาวะทางไฟสลับด้านขาเข้า พฤติกรรมของวงจรจะเป็นเช่นเดียวกันกับดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ส่วนในสภาวะคงตัวของวงจร ( Steady-State ) เดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS จะส่งกำลังงานไปทางด้านขาออกได้สูงกว่าและมีประสิทธิภาพกว่าการออกแบบ UPS ด้วยวิธีดับเบิลคอนเวอร์ชัน เนื่องจากดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPSต้องนำพลังงานทั้งหมดไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ( ประจุแบตเตอรี่ ) แล้วจึงนำพลังงานในแบตเตอรี่ออกมาใช้ที่โหลดผ่านตัวอินเวอร์เตอร์อีกทีหนึ่ง ในส่วนของเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS จะทำการส่งกำลังงานส่วนใหญ่จากด้านขาเข้าไปยังโหลดทางด้านขาออกโดยตรง ซึ่งในการออกแบบเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ระบบจะต้องสามารถทำการประจุแบตเตอรี่ได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.44 เนื่องจากเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ได้พัฒนาโครงสร้างจากดับเบิลคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ดังนั้นการออกแบบโดยรวมจะไม่ทำให้ระบบซับซ้อนไปกว่าดับเบิลออนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS และให้คุณลักษณะทางด้านขาออกที่เหมือนๆกัน นอกจากนี้ระบบเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์ UPS ยังสามารถช่วยลดพลังงานสูญเสีย และ ราคา ลงได้ประมาณ 4 เท่า จากข้อดีดังกล่าวทำให้ระบบเดลต้าคอนเวอร์ชันออน-ไลน์เป็น UPS ที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็น UPS ที่ดีที่สุดโดยเฉพาะในระดับกำลังงานสูงๆในระดับ kVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทราบลักษณะของ UPS แต่ละประเภทแล้ว เราจะสามารถเลือกใช้งานตามสภาพโหลดได้อย่างถูกต้องและเต็มประสิทธิภาพโดยพิจารณาตามลำดับดังนี้

1. เลือกชนิด UPS ตามลักษณะของรูปคลื่นขาออก ซึ่งปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับว่าโหลดสามารถทำงานได้ดีกับรูปคลื่นแบบใด เช่นในการสำรองไฟฟ้าให้กับระบบเครื่องเสียงควรใช้ UPS ที่มีรูปคลื่นไซน์ การใช้ UPS สำรองไฟฟ้ากับระบบมอเตอร์ เครื่องทำความเย็น ควรใช้ UPS ที่มีรูปคลื่นเป็นสี่เหลี่ยมแบบระดับขั้นเป็นอย่างน้อย เป็นต้น

2. กำลังงาน และระยะเวลาในการสำรองไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยหลักของการเลือกจะขึ้นอยู่กับความต้องการของเวลาปฏิบัติการหลักจากมีปัญหาไฟฟ้าดับ เนื่องจาก UPS จะกำหนดความสามารถในการจ่ายกำลังงานในหน่วยของ VA ดังนั้นเราสามารถหาความเหมาะสมระหว่างโหลด และ UPS ได้จากสมการที่ (1) เช่น โหลดเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่มีค่า kp = 0.8 และมีความต้องการกำลังงานรวมทั้งสิ้น 400 วัตต์ ดังนั้นเราต้องเลือกใช้ UPS ขนาด 500 VA เป็นอย่างน้อย และ ต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้ผลิตว่าที่กำลังงาน VA สูงสุดนั้น UPS สามารถสำรองไฟฟ้าได้เป็นเวลานานเท่าไร ( ระยะเวลาในการสำรองไฟนี้จะแปรผันตามค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ของระบบ UPS เป็นหลัก ซึ่งเราไม่ต้องสนใจมากนัก )

3. เลือกชนิด UPS ตามลักษณะการแปลงผัน ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างตามสภาพของมลภาวะทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก ราคา ความต้องการความต่อเนื่องของกำลังงานที่โหลด เช่น ในระบบไฟฟ้าใกล้สายไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งมีมลภาวะทางไฟฟ้าหลายรูปแบบ มีความจำเป็นต้องใช้ UPS ชนิดออน-ไลน์ ส่วนการใช้งานตามบ้านซึ่งมีผลในเรื่องไฟตก ไฟเกิน หรือไฟดับ ธรรมดา อาจจะใช้ UPS ชนิดออฟ-ไลน์ ก็เพียงพอ เป็นต้น

สำหรับ การเลือกใช้ UPS สำหรับระบบคอมพิวเตอร์ เป็นเรื่องที่สนใจกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และ UPS สำหรับคอมพิวเตอร์ก็มีหลากหลายชนิด ในราคาที่แตกต่างกันดังที่กล่าวไว้ตอนต้นของบทความ ซึ่งหัวใจหลักในการเลือกได้มาจาก 3 ข้อข้างต้นคือ ความสามารถในการจ่ายกำลังงาน VA ระยะเวลาที่ต้องการในการสำรองไฟฟ้า และราคา ถ้าเราต้องการสำรองไฟฟ้าในระยะเวลาสั้นๆเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่รวมจอภาพ ( monitor ) การเลือกใช้ UPS ขนาดเล็กก็น่าจะเป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งเหมาะกับกับการใช้งานในระบบไฟฟ้าที่มีเครื่องปั่นไฟสำรอง ( UPS แบบโรตารี่ ) รองรับเมื่อแหล่งไฟฟ้าหลักดับ เนื่องจากเราไม่ต้องทำการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ถ้าเราต้องการใช้งานโดยให้ UPS สำรองไฟแก่จอภาพด้วยเพื่อทำการปิดระบบคอมพิวเตอร์เมื่อไฟดับ เราจะต้องพิจารณาอย่างระมัดระวัง เนื่องจากจอภาพเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ต้องการกำลังงานทางไฟฟ้าสูง ( ประมาณ 40-60 % ของระบบคอมพิวเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของจอภาพ )

ผู้ใช้บางท่านอาจจะมีความคิดว่า เราสามารถใช้ UPS ขนาดเล็ก เพื่อสำรองไฟฟ้าเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่แยกจอภาพต่อตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟหลัก ในการทำงานปกติ จากนั้นเมื่อไฟฟ้าดับ เราจึงย้ายปลั๊กจอภาพมาที่ UPS เพื่อทำการปิดเครื่องในระยะเวลาสั้นๆได้หรือไม่ วิธีการเช่นนี้ส่วนใหญ่จะไม่ค่อยประสบผลสำเร็จเนื่องจากว่า จอภาพจะมีความต้องการกำลังงานสูงกว่าสภาวะปกติ เมื่อทำการเปิดครั้งแรก ทำให้ UPS ไม่สามารถจ่ายกำลังงานที่เพียงพอ อย่างไรก็ตามแนวความคิดนี้ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้อยู่ใน UPS หลายรุ่น โดยระบบ UPS จะทำการต่อจอภาพเข้ากับระบบไฟฟ้าหลักก่อนในช่วงแรกของการทำงานซึ่งต้องการกำลังงานสูง และเมื่อจอภาพทำงานในสภาวะปกติแล้ว ระบบจะใช้สวิตช์ เช่น รีเลย์ ( Relay ) เพื่อสับเปลี่ยนมาใช้พลังงานจากระบบเพื่อทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ประมวลผลภาพ Image Processing

### 2.3.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข ( Digital Image Processing )

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หมายถึง การนำภาพที่พบทั่วไปมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยภาพที่นำประมวลผลเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ แต่ภาพที่ได้โดยส่วนมากแล้วเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f(x,y) ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ ( คือแกน X และแกน Y ) โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพ ที่ตำแหน่ง (x,y)

#### 2.3.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล

ภาพข้อมูลดิจิตอล ( Digital Image ) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก อยู่ในรูปของตัวเลข โดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่เรียกว่า พิกเซล ( Pixel ) ในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งโดย (x,y) โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นภาพข้อมูลดิจิตอลได้ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อนำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลมาผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizor) ซึ่งทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลอุปกรณ์ส่วนนี้ได้แก่ กล้องวิดีโอดิจิตอล จากนั้นทำการควอนไตซ์ ( Quantizing ) เพื่อที่จะประมวลผลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งภาพระนาบภาพ ซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มภาพ ( Image Sampling ) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไตเซชั้นระดับสีเทา ( Gray Level Quantization ) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

สมมุติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x,y) ถูกดิจิไตซ์ในระนาบ X และ Y เป็นช่วงเท่า ๆ กันเราสามารถจัด f(x,y) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ขนาด N x M

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \cdots\cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & \cdots\cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \cdots\cdots & f(0,N-1) \end{matrix} \quad \cdots\cdots(2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทางขวาของสมการ จะเรียกได้ว่า ภาพดิจิตอล และทุก ๆ สมาชิกของเมตริกซ์ จะเรียกว่าพิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลข้างต้น จะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพ N x M

**2.3.1.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล**

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลภาพจะมีความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่ใช้กันที่ค่าระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของจุดภาพอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่การเก็บข้อมูลภาพขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 จุดภาพ ( 2^8 = 256 ) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มสูง ๆ อาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยค่าความเข้มของจุดภาพจะเท่ากับ 2^16 และ 2^24 โดยจะแยกให้เห็นชัดเจนดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับ คือมีเพียงจุดขาวกับดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงได้ 16 ระดับสี หรือ 16 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
3. ภาพ 256 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ 256 ระดับสี หรือ 256 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
4. ภาพทรูคัลเลอร์ ( True Color ) คือในแต่ละจุดภาพมีขนาดของข้อมูล 24 บิต ทำให้สามารถแสดงภาพได้เหมือนภาพจริงที่สุด เพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16, 777,216 สีภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงภาพขาวดำได้

การแดงภาพนี้จะใช้วิธีตั้งค่าของแม่สีในตารางสี โดยอาจเลือกเป็นแบบใดก็ได้ ซึ่งจะแสดงผลโดยการส่งค่าสี RGB ผ่าน D/A สีละบิต 8 บิต ออกไป ความแตกต่างของการแสดงภาพสีและขาวดำ คือ ภาพขาวดำจะต้องตั้งให้แม่สีทั้งสามสี มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก VGA กำหนดให้แม่สีแต่ละสีใช้ได้เพียง 64 ระดับเท่านั้น หากต้องการเห็นจริงทั้ง 256 ระดับ ต้องแสดงในโหมดทรูคัลเลอร์แล้วให้ RGB มีค่าเท่ากัน ซึ่งในโหมดนี้จะสามารถใช้รีจิสเตอร์ได้ 8 บิต สำหรับแต่ละแม่สี

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุภายในภาพได้นั้น พอแบ่งได้สองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ ( Low Level Image Processing ) และการประมวลผลภาพในระดับสูง ( High Level Image Processing )

การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่าง ๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลระดับสูงต่อไป โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบไปด้วย การประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพก่อน ( Preprocessing ) การกำจัดสัญญาณรบกวน หรือทำให้ภาพคมชัด หาขอบเขตของภาพ เป็นต้น

การประมวลระดับสูง เป็นการนำผลลัพธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลระดับต่ำมาตีความหรือประมวลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จัก และเข้าใจภาพได้ สำหรับความแตกต่างของการประมวลภาพผลภาพระดับต่ำและการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นคือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพ โดยที่การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นข้อมูลภาพที่นำมาประมวลจะถูกแสดงในรูปของสัญญลักษณ์ซึ่งสัญญลักษณ์ เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพ เช่น ขนาดของวัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภายในภาพ

### 2.3.2 การปรับปรุงภาพ Image Enhancement

การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) หมายถึงการเน้น ( หรือการทำให้คม ) ลักษณะของภาพ ( Features ) เช่น ขอบ ( Edge ) เขต ( Boundaries ) หรือ ความแตกต่างระหว่างบริเวณขาวกับดำหรือคอนทราส ( Contrast ) เพื่อทำให้การแสดงกราฟฟิกมีประโยชน์มากขึ้นสำหรับการแสดงและการวิเคราะห์ ขบวนการปรับปรุงภาพไม่ให้เพิ่มองค์ประกอบข้อมูลในภาพ แต่จะไปเพิ่มช่วงทำงาน ( Dynamic Range ) ของลักษณะของภาพที่เลือกเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจจับ การปรับปรุงภาพประกอบด้วยการปรับปรุงระดับเทาและคอนทราส การลดสัญญาณการรบกวน การเน้นขอบ การกรอง ( Filtering ) การอินเตอร์โพเลชัน ( Interpolation ) และการขยาย ( Magnification ) การทำสีเทียม ( Pseudocoloring ) และอื่นๆ ข้อที่ยากที่สุดสำหรับการปรับปรุงภาพคือการตั้งเกณฑ์ ( Criterion ) ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงภาพ ดังนั้นเทคนิคการปรับปรุงภาพส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นการทดลองหรือต้องการการโต้ตอบของผู้ใช้เพื่อให้ได้ผลที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงภาพก็ยังเป็นหนึ่งในหัวข้อที่สำคัญที่สุดเพราะพบการประยุกต์ใช้งานอย่างมากในการประมวลผลภาพทางดิจิตอล รูปที่ 6-1 แสดงรายการของเทคนิคการปรับปรุงภาพที่พบใช้บ่อย

#### 2.3.2.1 การยืดคอนทราส ( Contrast Stretching )

ภาพที่มีคอนทราสต่ำจะพบบ่อยอันมีสาเหตุมาจากสภาวะของแสงที่ไม่สม่ำเสมอหรือเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นหรือช่วงการทำงานที่ต่ำ ( Small Dynamic Range ) ของเซ็นเซอร์ภาพ ( Imaging Sensor ) รูปที่ 2.45 แสดงการแปลงของการยืดคอนทราสที่เป็นแบบแผนซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

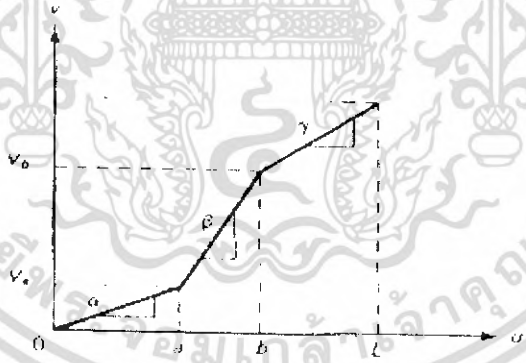
$$v = \begin{cases} \alpha u, & 0 \le u < a \\ \beta(u-a) + v_a, & a \le u < b \\ \gamma(u-b) + v_b, & b \le u \le L \end{cases}$$

ความชันของการแปลงถูกเลือกให้มากกว่าหนึ่งในช่วงของการยืด

พารามิเตอร์ a และ b สามารถได้จากการตรวจดูฮิสโตแกรม ( Histogram ) ของภาพตัวอย่าง เช่นช่วงระดับเทาซึ่งพบพิกเซลจำนวนมากจะถูกยืดได้มากที่สุดเพื่อที่จะปรับปรุงทัศนวิสัยของภาพ รูปที่ 2.46 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการยืดคอนทราส

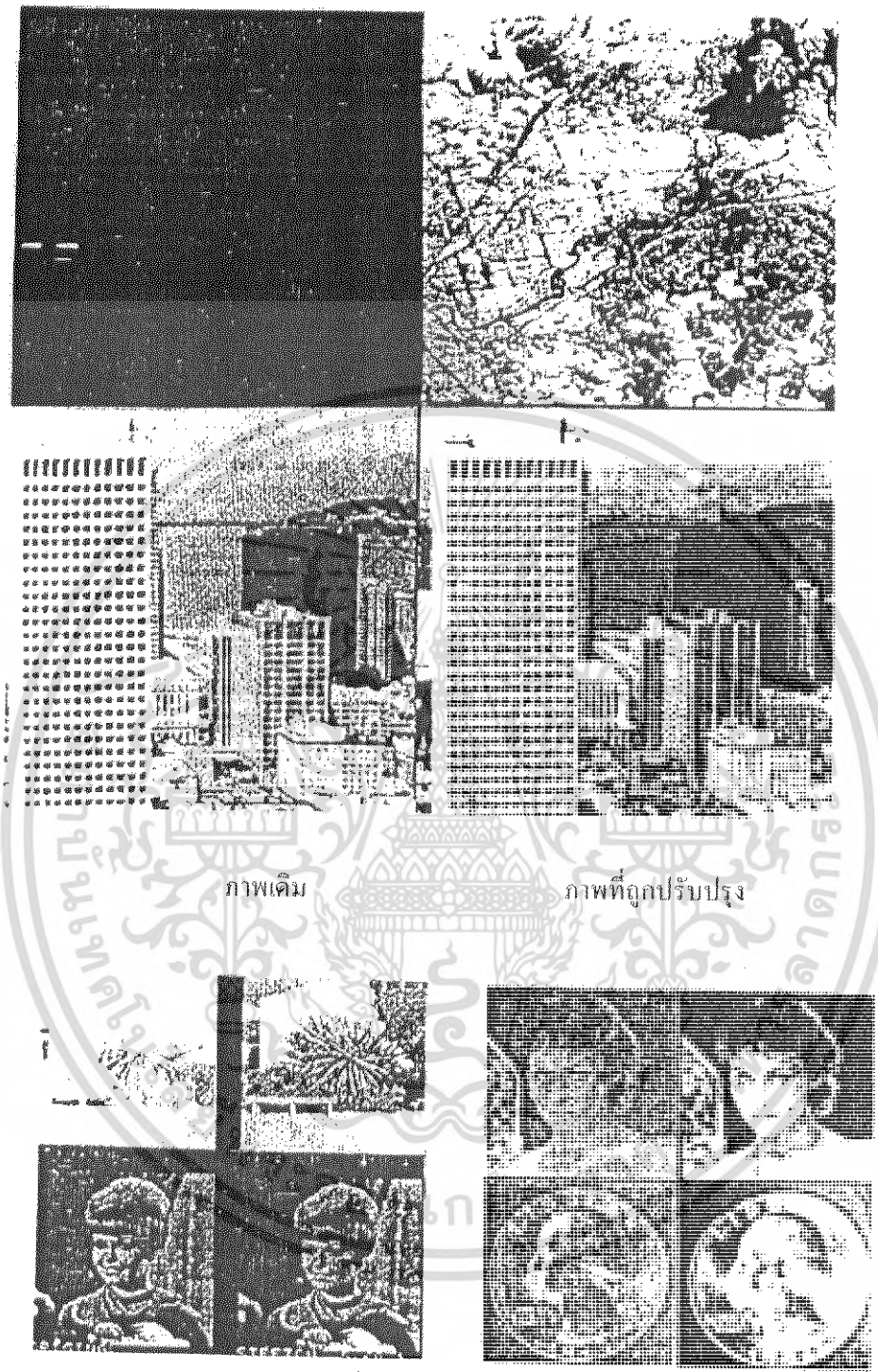
การขลิบหรือการทำเทรสโชว์ ( Clipping and Thresholding )

กรณีพิเศษของการยืดคอนทราสก็คือเมื่อ $\alpha = \gamma = 0$ ( รูปที่ 2.47 ) ซึ่งเรียกว่าการขลิบ พบใช้ในการลดสัญญาณรบกวนในกรณีที่เรารู้ว่าภาพที่ต้องการนั้นอยู่ในช่วง [ a,b ] การทำเทรสโชว์เป็นกรณีพิเศษของการขลิบเมื่อ a = b = t และเอาท์พุทของภาพจะเป็นไบนารี ( รูปที่ 2.48 ) ตัวอย่างเช่นภาพที่ควรจะเป็นภาพไบนารีแต่ไม่ให้ภาพที่เป็นไบนารีเนื่องจากปัญหาสัญญาณรบกวนเซ็นเซอร์หรือความแปรผันของความสว่างในพื้นหลัง ( Background ) การทำเทรสโชว์จะใช้ในกรณีดังกล่าว รูป 2.49 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากการขลิบและการทำเทรสโชว์




รูปที่ 2.45 การยืดคอนทราส สำหรับการยืดบริเวณที่มืด $\alpha > 1$, a = L/3 การยืดส่วนกลาง $\beta > 1$, b = 2/3 L การยืดบริเวณสว่าง $\gamma > 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

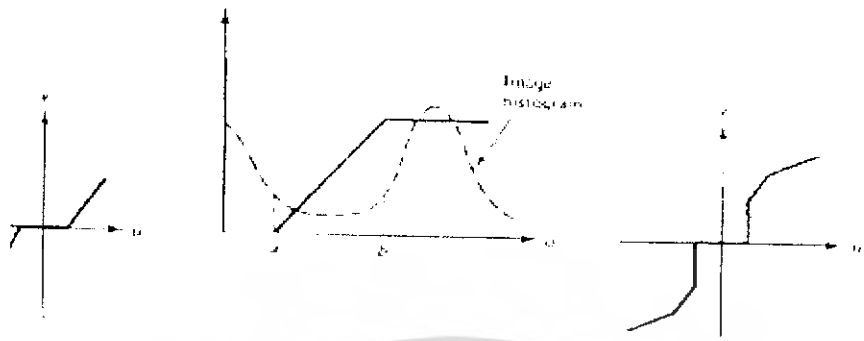


ภาพเดิม ภาพที่ถูกปรับปรุง

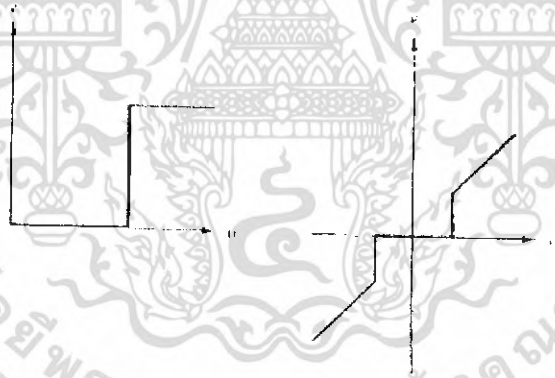
ภาพเดิม ภาพที่ถูกปรับปรุง

รูปที่ 2.46 ตัวอย่างการยืดคอนทราส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

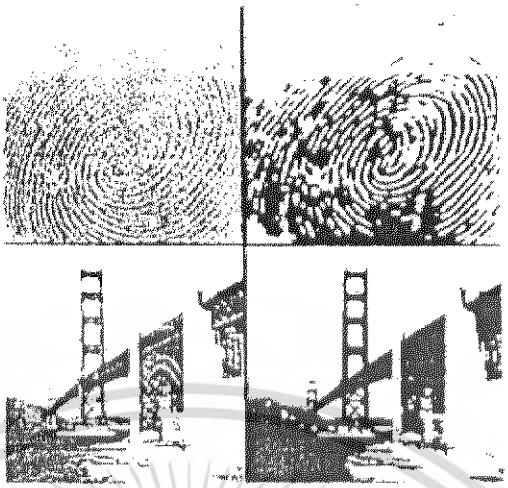


รูปที่ 2.47 การขลิบ



รูปที่ 2.48 การทำเทราสโชว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



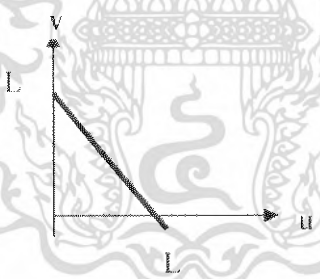
รูปที่ 2.49 การขลิบและการทำเทรสโชว์

**2.3.2.2 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ ( Digital Negative )**

ภาพกลับขาวเป็นดำได้จากการกลับระดับเทาโดยใช้การแปลง ( รูปที่ 2.50 )

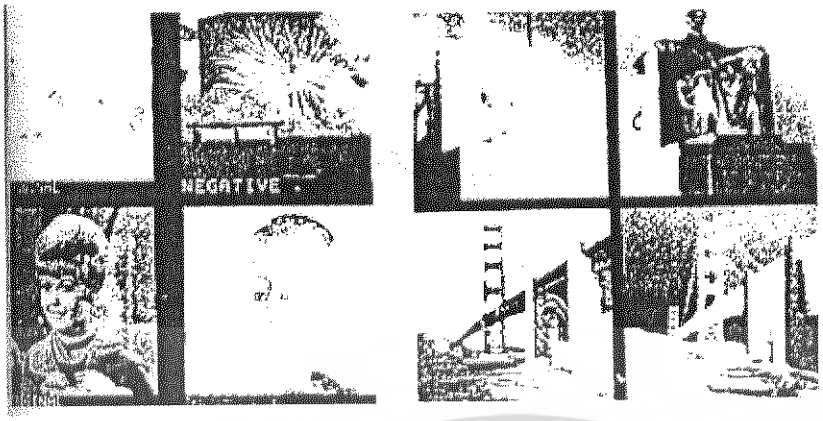
$v = L - u$

ในการแสดงภาพทางการแพทย์และในการพิมพ์ภาพกลับขาวเป็นดำ




รูปที่ 2.50 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ ( Negative )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.51 ตัวอย่างการกลับขาวเป็นดำ ( Negative )

**2.3.2.3 การแบ่งระดับความเข้ม ( intensity Level Slicing ) ( รูปที่ 2.52 )**

บริเวณที่มีพื้นหลัง (Background)

$$v = \begin{cases} L, & a \le u \le b \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad (6.4)$$

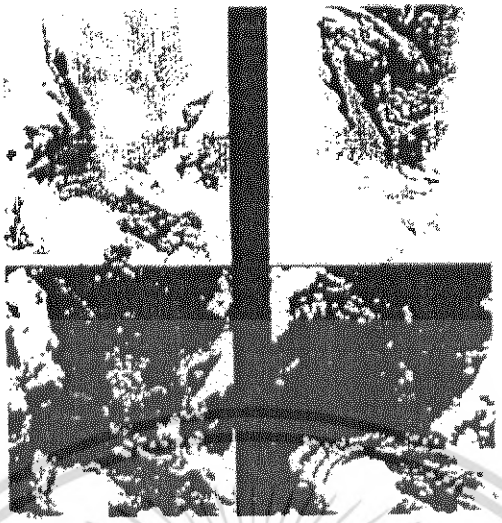
บริเวณที่ไม่มีพื้นหลัง (Background)

$$v = \begin{cases} L, & a \le u \le b \\ u, & \text{Otherwise} \end{cases} \qquad (6.5)$$

การแปลงข้างบนนี้จะเป็นการแบ่งออกเป็นส่วน ( Segmentation ) สำหรับบริเวณที่มีระดับเทาค่าหนึ่งออกจากบริเวณอื่นของภาพ เทคนิคนี้มีประโยชน์เมื่อลักษณะ( Feature ) ต่างๆของภาพกระจายอยู่ในระดับเทาต่างๆ และเราต้องการแยกลักษณะเฉพาะนั้น รูป 2.53 แสดงผลลัพธ์ของการแบ่งส่วนระดับความเข้มที่ใช้ในการแยกบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยบริเวณที่มีระดับความเข้มสูงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ

รูปที่ 2.52 การแบ่งระดับความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.53 ตัวอย่างการแบ่งระดับความเข้ม แถวบน ; ภาพถ่ายธรรมดาและภาพถ่ายอินฟราเร็ด แถวล่าง : ภาพที่ถูกแยกส่วน ( Segmented Image )

**2.3.2.4 การแยกบิท ( Bit Extraction )**

สมมติว่าแต่ละพิกเซลในภาพถูกควอนไทซ์ ( Quantize ) แบบสม่ำเสมอ ( Uniform ) ขนาด B บิท เราต้องการจะแยกบิทที่มีความสำคัญสูงสุด ( Most Significant Bit ) อันดับ nth และแสดงผลที่ได้ เราให้

$$u = k_1 2^{B-1} + k_2 2^{B-2} + \ldots + k_n 2^{B-n} + \ldots + k_{B-1} 2 + k_B$$

แล้วเราต้องการเอาท์พุทเป็น

$$\begin{cases} 1 & \text{if } k_n = 1 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

เป็นการง่ายที่จะแสดงว่า

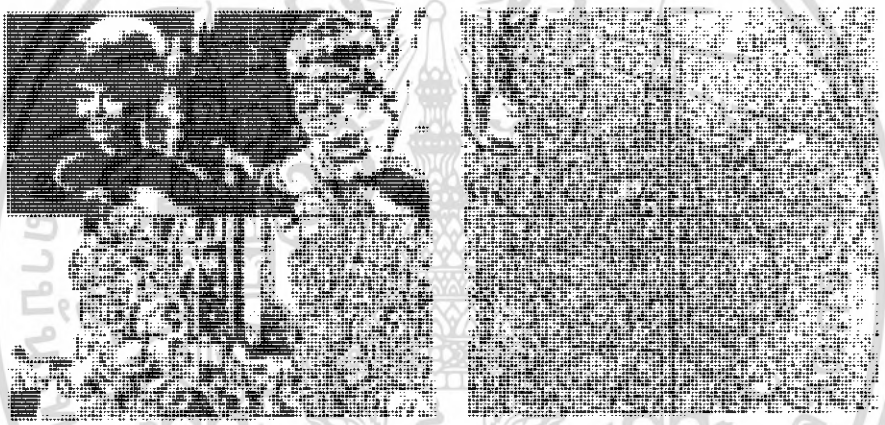
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k_n = i_n - 2i_{n-1}$$

เมื่อ

$$i_n = \mathrm{Int}\left[\frac{u}{2^{B-n}}\right] \qquad \mathrm{Int}[x] = \text{จำนวนเต็มของ } x$$

รูปที่ 2.54 แสดง 8 บิทแรกที่มีความสำคัญสูงสุดของภาพขนาด 8 บิท การแปลงนี้มีประโยชน์ในการหาจำนวนของบิทที่มีความสำคัญสูงสุด ( Most Significant Bit ) ในภาพที่มีผลต่อภาพ ในรูป 2.54 นั้น 8 บิทแรกที่มีความสำคัญสูงสุดของภาพเท่านั้นที่มีผลต่อภาพ บิทที่เหลือไม่มีข้อมูลที่สำคัญเป็นส่วนประกอบ



a) ภาพของสี่บิทแรก b) ภาพสี่บิทหลัง

รูปที่ 2.54 ภาพที่ได้รับการแยกบิท

**2.3.2.5 การบีบย่าน ( Range Compression )**

ในบางครั้งย่านที่ใช้งาน ( Dynamic Range ) ของภาพมีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น ย่านใช้งานของภาพที่ถูกแปลงแบบยูนิทารีมักจะมีขนาดใหญ่จนกระทั่งมีพิกเซลจำนวนน้อยเท่านั้นที่สามารถเห็นได้ ย่านใช้งานสามารถถูกบีบโดยใช้การแปลงล็อกการิทึม ( Logarithm )

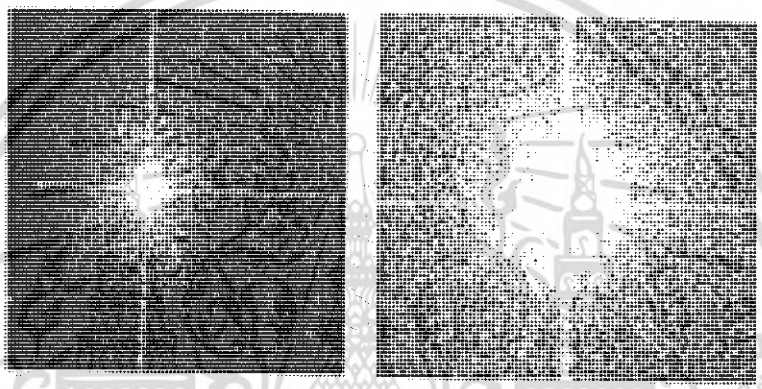
$v = c \log_{10} ( 1+|u| )$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ c คือค่าคงที่การสเกล การแปลงนี้จะช่วยเพิ่มพิกเซลที่มีขนาด ( Magnitude ) เล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับพวกขนาดใหญ่ ( รูปที่ 2.55 )

**2.3.2.6 การหักลบภาพและการตรวจการเปลี่ยนแปลง ( Image Subtraction and Change Detection )**

ในการประยุกต์ใช้งานในการประมวลผลภาพหลายอย่าง เราอาจต้องการที่จะเปรียบเทียบภาพที่มีความสลับซับซ้อนสองภาพ วิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพคือการเรียง ( Align ) ทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วทำการหารหาผลต่าง จากนั้นก็ทำการปรับปรุงคุณภาพภาพผลต่าง ตัวอย่างเช่นอุปกรณ์ที่หายไปจากบอร์ดวงจรสามารถตรวจหาได้โดยการลบ



รูปที่ 2.55 การบีบย่าน

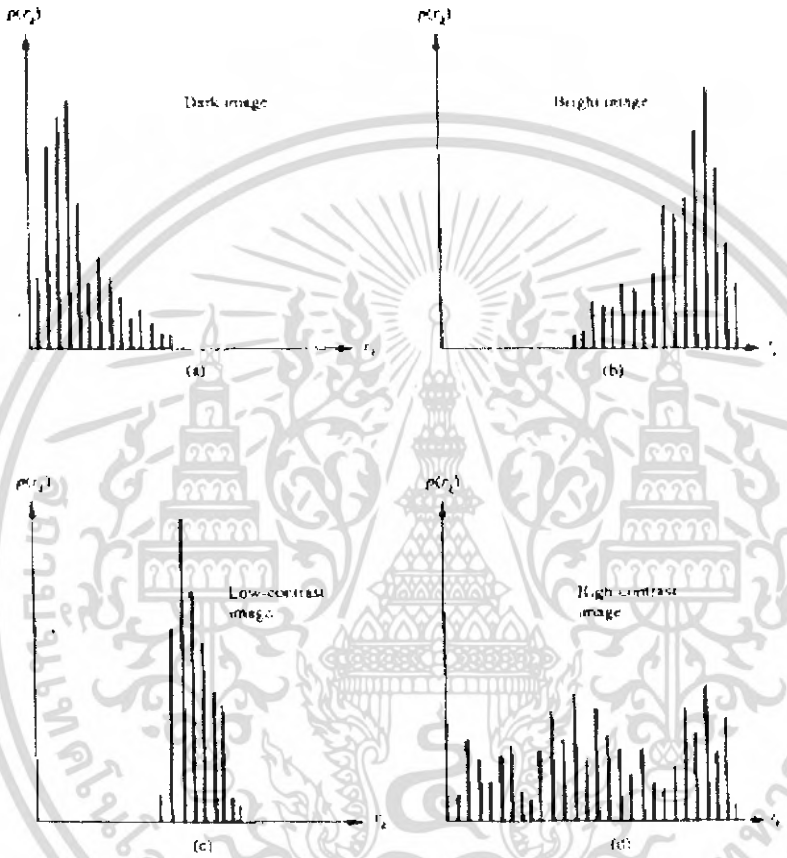
ภาพของบอร์ดดังกล่าวกับภาพบอร์ดที่มีอุปกรณ์วางถูกต้อง การประยุกต์ใช้งานอีกอย่างพบใช้ในกรณีที่เราต้องการทำภาพของของหลอดเลือดและเส้นเลือดในร่างกาย ซึ่งทำได้โดยการฉีดสารทึบแสงเข้าไปในหลอดเลือดแล้วทำการถ่ายภาพเอ็กซเรย์ จากนั้นทำการลบภาพออกจากภาพเอ็กซเรย์ของหลอดเลือดก่อนฉีดสารทึบแสง ผลต่างของภาพทั้งสองจะแสดงทางเดินของเลือดอย่างชัดเจน การประยุกต์ใช้งานอื่นๆคือ การตรวจจับความแตกต่างในระบบรักษาความปลอดภัยหรือการตรวจแผ่นปรินท์วงจรอัตโนมัติ และอื่นๆ

**2.3.3 การสร้างแบบฮิสโตแกรม ( Histogram Modeling )**

ฮิสโตแกรมของภาพแทนความถี่สัมพัทธ์ของการเกิดของแต่ละระดับเทาในภาพ ภาพที่มีคุณสมบัติไม่เหมือนกันมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน รูป 2.56(a) ฮิสโตแกรมของภาพที่มีคุณสมบัติต่างกัน ถ้าภาพที่มีลักษณะโทนสีออกมืด ฮิสโตแกรมจะลักษณะดังรูป 2.56(b) ภาพที่มีคอนทราสต่ำโทนของภาพจะมีสีเทา ฮิสโตแกรมจะมีลักษณะดังรูป 2.56(c) ภาพที่มีคอนทราส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูง ฮิสโตแกรมจะกระจายสม่ำเสมอตลอดช่วงของระดับสีเทาดังลักษณะดังรูป 2.56(d) เทคนิคการสร้างแบบฮิสโตแกรมจำทำการเปลี่ยนแปลงภาพเพื่อให้ได้ฮิสโตแกรมตามรูปร่างที่ต้องการ เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการยืดบริเวณของภาพที่มีคอนทราสต่ำที่มีฮิสโตแกรมแคบ การสร้างแบบฮิสโตแกรมเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพมากในการปรับปรุงภาพ ( Image Enhancement)




รูปที่ 2.56 ฮิสโตแกรมของภาพชนิดต่างๆ

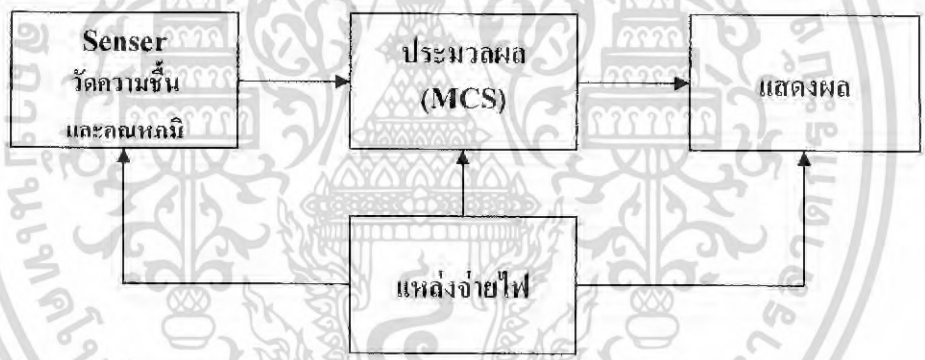
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่3 เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

## 3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

1. วัดอุณหภูมิในหน่วยขององศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1องศาเซลเซียส
2. วัดอัตราความชื้นสัมพัทธ์ความละเอียด 0.1 %
3. แสดงผลทางเซเว่นเซกเมนต์ขนาด 2.3 นิ้ว
4. ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 220 โวลท์
5. ใช้เวลาการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นต่ำ(<500 mS)
6. แสดงผลประมาณ 4 วินาทีต่อการวัดค่า 1 ครั้ง
7. เสถียรภาพในการทำงานสูง
8. มีหน้ากากกรองแสงการแสดงผลเพื่อเพิ่มความคมชัด

## 3.2โครงสร้างหลักของ เครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์




รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

### 3.2.1 เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์ทำหน้าตรวจวัดความชื้นและอุณหภูมิ ในที่นี้ใช้ SHT15 สำหรับการอ่านค่าและส่งข้อมูลดิจิตอลแบบ I2C ติดต่อกับส่วนประมวลผล

**3.2.2 ภาคการประมวลผล**ในส่วนนี้ทำหน้าที่รับค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์มาประมวลผลซึ่งในวงจงนี้ออกแบบใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวประมวลผลและส่งข้อมูลที่เป็นค่าอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์จริงส่งไปยังภาคแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.3 ภาคการแสดงผล**

ในส่วนนี้ได้ใช้เซเว่นเซกเมนต์เป็นตัวแสดงผลโดยรับข้อมูลจากภาคการประมวลผล ซึ่งในวงจรนี้ได้วิธีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กเพื่อให้วงจรมีขนาดเล็กลง

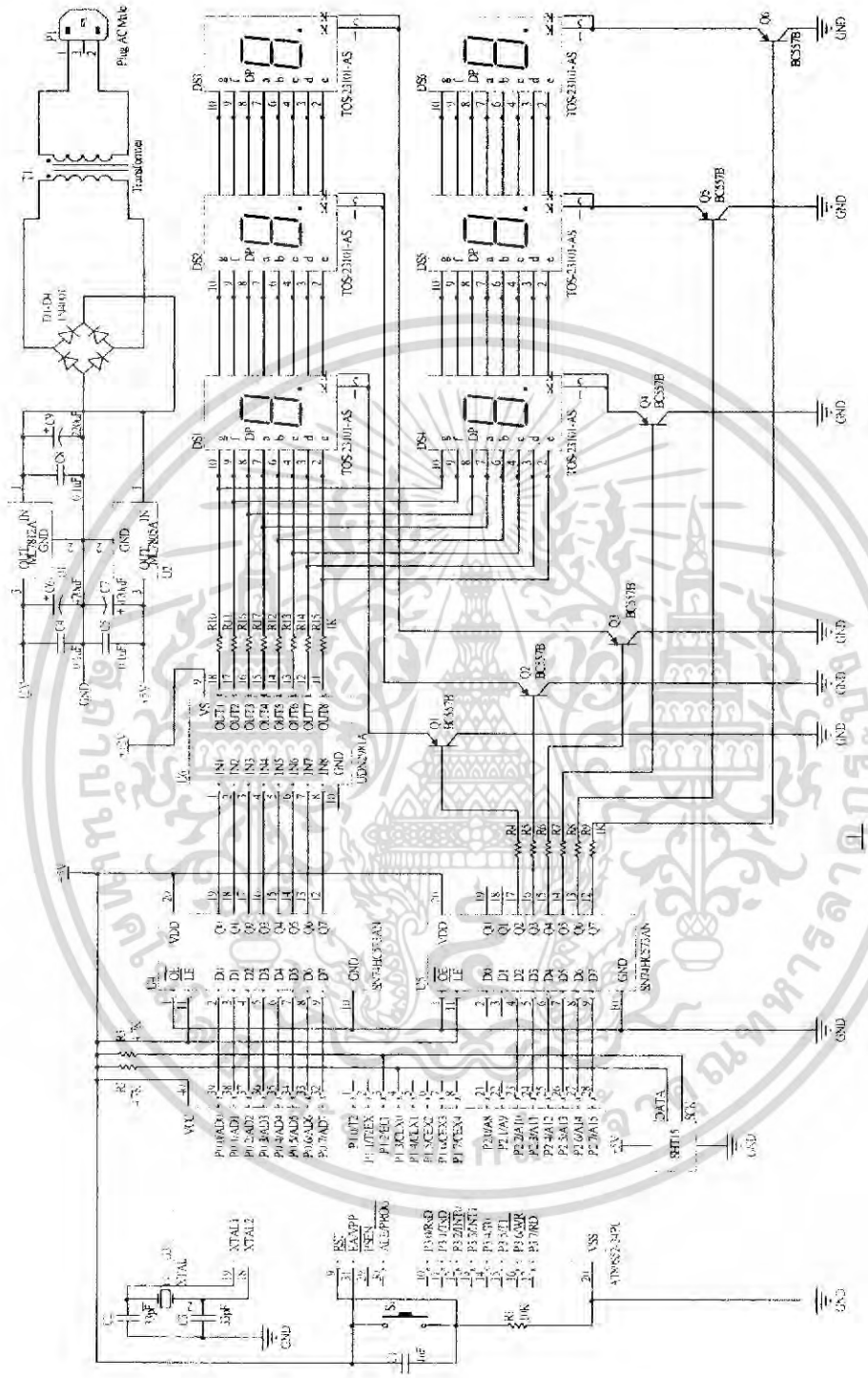
**3.2.4 แหล่งจ่ายไฟ**

ทำหน้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับภาคต่างๆ ซึ่งวงจรในที่นี้ ได้จ่ายแรงดัน 5Vdc ให้กับส่วนของเซ็นเซอร์และการประมวลผล และ12Vdc สำหรับภาคแสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การหลักการทำงานของวงจรวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 3.2 วงจรวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

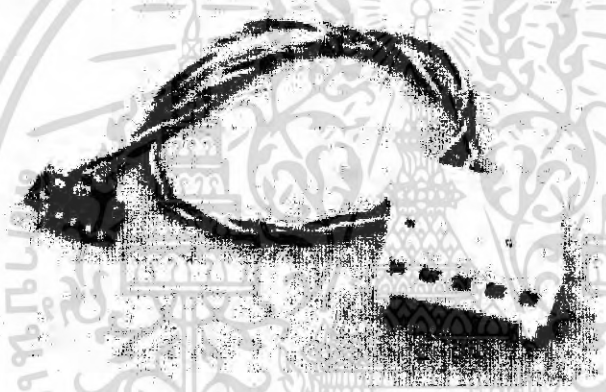
การทำงานของวงจรในภาคต่างๆในเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ได้มีรายละเอียดดังนี้

**3.3.1 เซ็นเซอร์**

ในภาคนี้ได้ใช้ SHT 15 เป็นโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คุณสมบัติของโมดูล SHT 15

เป็นโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิมีขนาดเล็กและเพื่อความสะดวกในการใช้งานได้ติดตั้งลงบนแผ่นวงจรพิมพ์และต่อคอนเน็กเตอร์ 8 ขา เพื่อให้สามารถติดตั้งลงบนแผงต่อวงจรหรือเบอร์ดบอร์ดเพื่อทำการทดลองได้ง่าย รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงด้วย ในรูปที่ 3.3 แสดงรูปร่างของโมดูล SHT 15 และการจัดขา ส่วนคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญมีดังนี้



รูปที่ 3.3 แสดงรูปร่างของโมดูล SHT 15 และการจัดขา

2. ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของโมดูล SHT 15

- ขาสัญญาณนาฬิกา ( SCK )

ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสาร

- ขาสัญญาณรับ/ส่งข้อมูล ( DATA )

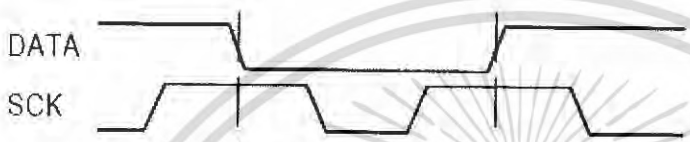
เป็นขาสัญญาณสำหรับรับ/ส่งข้อมูล ในการใช้งานควรต่อตัวต้านทาน 10KΩ พูลอัปที่ขานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT 15

- การสั่งคำสั่ง ( Sending a Command )

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT 15 จำเป็นต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียก Transmission start หรือภาวะเริ่มส่งสัญญาณ นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 ไซเกิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT 15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือ คำสั่ง




| คำสั่ง | ข้อมูลคำสั่ง |
|---|---|
| สงวนไว้ | 0000x |
| อ่านค่าอุณหภูมิ ( Measure Temperature ) | 00011 |
| อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ ( Measure Humidity ) | 00101 |
| อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ ( Read Status Register ) | 00111 |
| สงวนไว้ | 0101x ถึง 1110x |
| รีเซตการทำงาน ( Soft reset )ทำให้รีจิสเตอร์กำหนดสถานะกลับไปสู่ค่า default และต้องใช้เวลาในการอย่างน้อย 11 มิลลิวินาที จึงจะสามารถรับคำสั่งถัดไปได้ | 11110 |

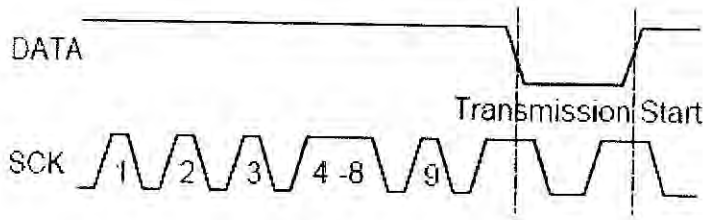
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของโมดูล SHT 15

หลักจากสร้างเงื่อนไข Transmission start แล้ว สามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT 15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที โดยข้อมูลคำสั่งต่างๆ สำหรับการทำงานแสดงตามตารางที่ 3.1

- รีเซตการเชื่อมต่อ ( Connection reset sequence )

เมื่อต้องการเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครโทรลเลอร์กับโมดูล SHT 15 ต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" นานเท่ากับช่วงเวลาที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา SCK 9 ลูกติดต่อกัน แล้วตามด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




- ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission start แล้ว ตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT 15 โมดูล SHT 15 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 3.2

| ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล | เวลาที่โมดูล SHT 15 ใช้ประมวล (±15%) |
|---|---|
| 14 บิต | 210 มิลลิวินาที |
| 12 บิต | 55 มิลลิวินาที |
| 8 บิต | 11 มิลลิวินาที |

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเวลาที่โมดูล SHT 15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล

4. การคำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุหภูมิจากโมดูล SHT 15 ผู้พัฒนาสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบบิต 14 บิตหรือ 12 บิต โดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องการอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT 15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุหภูมิออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT 15 ดังนี้

$$Temperature = d1 + (d2 * SOT) \quad \text{.....(3.1)}$$

โดยที่ Temperature คือ ค่าอุณหภูมิจริง

d1 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา VDD ของ SHT 15 ดูรายละเอียดในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d2 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT 15 ดูรายละเอียดในตาราง 3 – 3

SOT คือค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากโมดูล SHT 15

| ไฟเลี้ยง | ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 ( d1 ) | |
|---|---|---|
| | ในหน่วย °C | ในหน่วย °F |
| +5V | -40.00 | -40.00 |
| +4V | -39.75 | -39.50 |
| +3.5V | -39.66 | -39.35 |
| +3V | -39.60 | -39.28 |
| +2.5V | -39.55 | -39.23 |
| ความละเอียด | ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 ( d2 ) | |
| | ในหน่วย °C | ในหน่วย °F |
| 14 บิต | 0.01 | 0.018 |
| 12 บิต | 0.04 | 0.072 |

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 และ 2 ( d1 และ d2)เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้

5. คำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT 15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 12 บิตหรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งต้นหลักโดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT 15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยสามารถได้จากสมการที่กำหนดจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT 15 ดังนี้

RH true = ( T – 25 ) * [ t1 + ( t2 * SOrh ) ] + RHlinear .....(3.2)

RHlinear = c1 + ( c2 * SOrh ) + [ c3 * )^2 ]

โดยที่ RH true คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

t1 และ t2 คือค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c1 ,c2 และ c3 คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากโมดูลSHT 15 ดูลายละเอียดการกำหนดค่าจากตารางที่ 3.4

SOrh คือค่าความชื้นสัมพัทธ์ดิบที่อ่านได้จาก SHT 15

| ความละเอียด | ค่าคงที่ | |
|---|---|---|
| | t1 | t2 |
| 12 บิต | 0.01 | 0.00008 |
| 8 บิต | 0.01 | 0.00128 |

| ความละเอียด | ค่าคงที่ | | |
|---|---|---|---|
| | c1 | c2 | c3 |
| 12 บิต | -4 | 0.0405 | -2.8*10^-6 |
| 8 บิต | -4 | 0.648 | -7.2*10^-4 |

ตารางที่ 3.4 การกำหนดค่าคงที่ซึ่งต้องใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้

**3.3.2 ภาคการประมวลผล**

ในส่วนนี้ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 5 Vdc โดยมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟแวร์

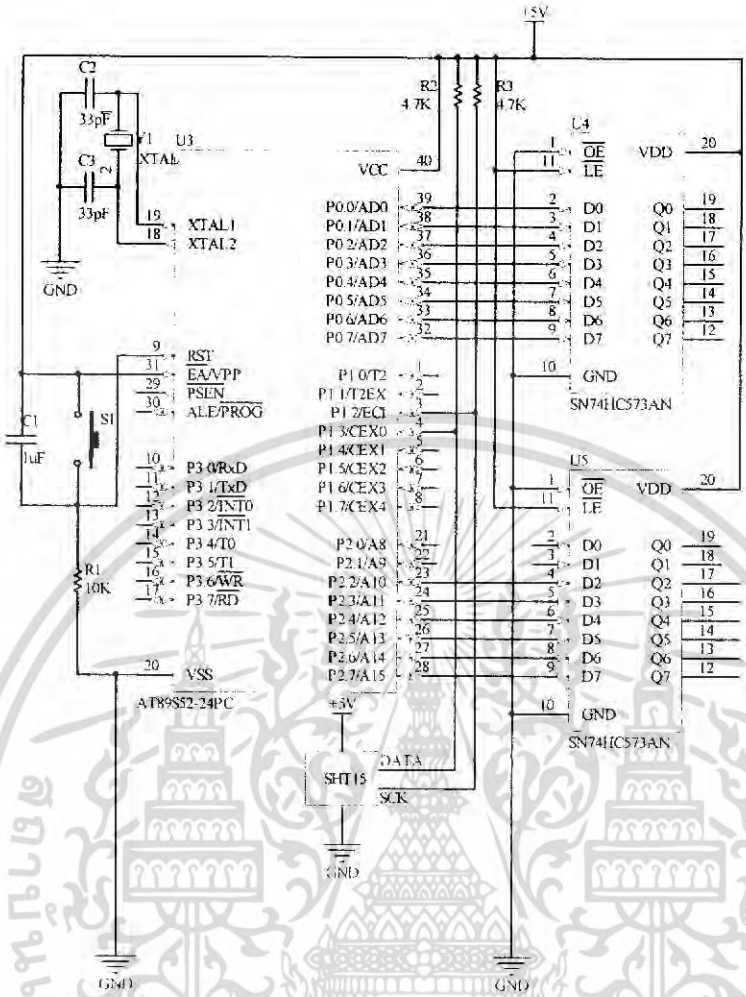
- ฮาร์ดแวร์

โดยฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยวงจรหลัก 2 วงจร คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรบัฟเฟอร์

-ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในวงจรนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์AT89S52 ซึ่งมีหน้าที่การทำงานเป็นอินพุทและเอาท์พุทของสัญญาณข้อมูลต่างๆสอดคล้องกับส่วนของซอฟแวร์ซึ่งจะกล่าวละเอียดในส่วนของซอฟแวร์

-บัฟเฟอร์ ในวงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 ซึ่งเป็นไอซีแลตช์ขนาด 8 บิต ต่อกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความสามารถในการจ่ายกระแสได้ไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.4 วงจรภาคประมวณผล

- ซอฟแวร์

โปรแกรมมีรายละเอียดของซอร์ดโค้ดพร้อมคำอธิบายดังนี้

```
/*************************เซ็ตค่าหลักของโปรแกรม*********************/
#include <reg52.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#define noACK 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define ACK  1
#define Z          0.5
#define STATUS_REG_W 0x06  //000  0011  0
#define STATUS_REG_R 0x07  //000  0011  1
#define MEASURE_TEMP 0x03  //000  0001  1
#define MEASURE_HUMI 0x05  //000  0010  1
#define RESET      0x1e  //000  1111  0

sbit      DATA =  P1^3;
sbit      SCK  = P1^2;

typedef union
{ unsigned int i;
  float f;
} value;

enum {TEMP,HUMI};


/***************** ส่วนของโปรแกรมย่อยต่างๆที่ใช้ติดต่อ SHT15 ****************/

char s_write_byte(unsigned char value)     //โปรแกรมย่อยเขียนค่าไบท์
{
 unsigned char i,error=0;
 for (i=0x80;i>0;i/=2)
 { if (i & value) DATA=1;
  else DATA=0;
  SCK=1;                                   //คล็อกสำหรับ I2C-BUS
  _nop_();                                 // No operater
  _nop_();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  SCK=0;
 }
 DATA=1;                          //นำค่าออก I2C
 SCK=1;                           //คล็อกสำหรับ I2C-BUS
 error=DATA;
 SCK=0;
 return error;
}

char s_read_byte(unsigned char ack)      //โปรแกรมย่อยอ่านค่าไบท์จาก I2C
{
 unsigned char i,val=0;
 DATA=1;                          //นำค่าออก I2C
 for (i=0x80;i>0;i/=2)
 { SCK=1;                         //คล็อกสำหรับ I2C-BUS
  if (DATA) val=(val | i);        //อ่านบิต
  SCK=0;
 }
 DATA=!ack;
 SCK=1;                           //9 คล็อกสำหรับ ack
 _nop_();                         // No operater
 _nop_();
 _nop_();
 _nop_();
 _nop_();
 _nop_();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  SCK=0;
  DATA=1;                          //release DATA-line
  return val;
}


void s_transstart(void)            //โปรแกรมย่อย START

{
  DATA=1; SCK=0;
  _nop_();                         // No operater
  SCK=1;
  _nop_();                         // No operater
  DATA=0;
  _nop_();                         // No operater
  SCK=0;
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
  _nop_();
   nop ();
  SCK=1;
  _nop_();
  DATA=1;
  _nop_();
  SCK=0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void s_connectionreset(void)              //โปรแกรมย่อยเชื่อมต่อกับSHT15
{
 unsigned char i;
 DATA=1; SCK=0;                           //เซ็ตค่าเริ่ม
 for(i=0;i<9;i++)                         //9 SCK ไซเกิล
 { SCK=1;
  SCK=0;
 }
 s_transstart();                          //เรียกโปรแกรมย่อย start
}

/**** ส่วนของโปรแกรมอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น****/

char s_measure(unsigned char *p_value, unsigned char *p_checksum, unsigned char mode)
{
 unsigned error=0;
 unsigned int i;
 s_transstart();                          //เรียกโปรแกรมย่อย start (เริ่ม start)
 switch(mode){                            //ส่งคำสั่งไปSHT15
  case TEMP   : error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP); break;
  case HUMI   : error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI); break;
  default     : break;
 }
 for (i=0;i<65535;i++) if(DATA==0) break;  //รอค่าจาก SHT15 ให้อ่านเสร็จ
 if(DATA) error+=1;
 *(p_value)  =s_read_byte(ACK);           //อ่านค่า 8 บิตแรก (MSB)
 *(p_value+1)=s_read_byte(ACK);           //อ่านค่าบิตที่เหลือ (LSB)
 *p_checksum =s_read_byte(noACK);
 return error;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********** ส่วนการคำนวณค่าอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์จริง**********/
void calc_sht11(float *p_humidity ,float *p_temperature)
{ const float C1=-4.0;
 const float C2= 0.0405;
 const float C3=-0.0000028;
 const float T1=-0.01;
 const float T2=0.00008;

 float rh=*p_humidity;
 float t=*p_temperature;
 float rh_lin;
 float rh_true;
 float t_C;

 t_C=t*0.01 - 40;                    //คำนวณค่าอุณหภูมิจริง
 rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1;
 rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin;   //คำนวณค่าความชื้นจริง

 *p_temperature=t_C*10;                //ส่งค่าอุณหภูมิที่มีทศนิยมกลับ
 *p_humidity=rh_true*10;               //ส่งค่าความชื้นที่มีทศนิยมกลับ
}
/************/


/***********ส่วนการแสดงผล*************/
code unsigned char segment[]={0xfa,0x30,0xd9,0x79,0x33,0x6b,0xeb,0x38,0xfb,0x7b};
                        // ค่าของข้อมูลArrayที่สอดคล้องกับภาคแสดงผล
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned  char seg1 = 0;
unsigned  char seg2 = 0;
unsigned  char seg3 = 0;
unsigned  char seg4 = 0;
unsigned  char seg5 = 0;
unsigned  char seg6 = 0;
/*****************************************************************************/

void delay(unsigned int ms)                          //โปรแกรมย่อยหน่วงเวลา
{
        unsigned int y,a;
        for(y=0;y<ms;y++)
        {
                for(a=0;a<908;a++);
        }
}

void multiplex(unsigned int te,unsigned int hu)     //โปรแกรมย่อยการแสดงผล
{
int k;
        seg1=te/100;                    //กำหนด seg1เท่ากับค่าหลักสิบของอุณหภูมิ
        seg2=(te%100)/10;               //กำหนด seg2เท่ากับค่าหลักหน่วยของอุณหภูมิ
        seg3=(te%100)%10;               //กำหนด seg3เท่ากับค่าหลักทศนิยมของอุณหภูมิ
        seg4=hu/100;                    //กำหนด seg4เท่ากับค่าหลักสิบของความชื้น
        seg5=(hu%100)/10;               //กำหนด seg5เท่ากับค่าหลักหน่วยของความชื้น
        seg6=(hu%100)%10;               //กำหนด seg6เท่ากับค่าหลักทศนิยมของความชื้น

        for(k=0;k<20000;k++)            //แสดงผลข้อมูล 20000 รอบ
        {
        P0=0;                           //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

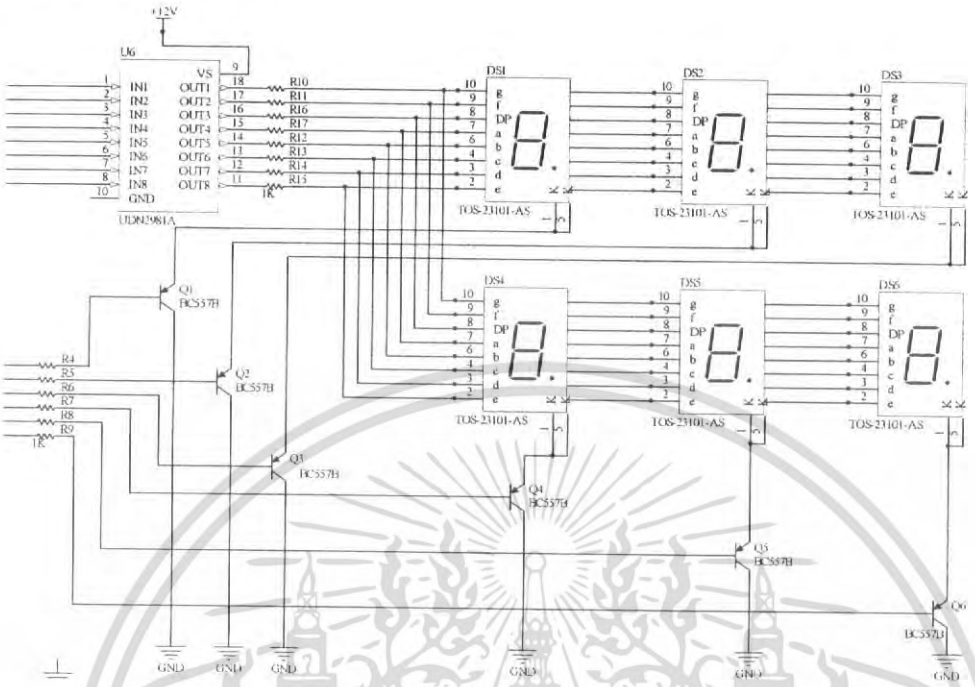
```
P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
P0=segment[seg1];           //ส่งค่าของหลักสิบของอุณหภูมิออกพอร์ต 0
P2=0xdf;                    //เซ็ต7-segmentหลักสิบของอุณหภูมิ ON
delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา

P0=0;                       //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
P0=(segment[seg2]+4);       //ส่งค่าของหลักหน่วยของอุณหภูมิพร้อมdotออกพอร์ต 0
P2=0xef;                    //เซ็ต7-segmentหลักหน่วยของอุณหภูมิ ON
delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา

P0=0;                       //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
P0=segment[seg3];           //ส่งค่าของทศนิยมของอุณหภูมิออกพอร์ต 0
P2=0xf7;                    //เซ็ต7-segmentหลักทศนิยมของอุณหภูมิ ON
delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา

P0=0;                       //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
P0=segment[seg4];           //ส่งค่าของหลักสิบของความชื้นออกพอร์ต 0
P2=0xfb;                    //เซต7-segmentหลักสิบของความชื้น ON
delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา

P0=0;                       //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
P0=(segment[seg5]+4);       //ส่งค่าของหลักหน่วยของความชื้นกับdotออกพอร์ต 0
P2=0xfd;                    //เซ็ต 7-segmentหลักหน่วยของความชื้น ON
delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา

P0=0;                       //เคลียร์ข้อมูลของพอร์ต 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        P2=0xff;                    //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
        P0=segment[seg6];           //ส่งค่าของหลักทศนิยมของความชื้นออกพอร์ต 0
        P2=0xfe;                    //เซ็ต 7-segmentหลักทศนิยมของความชื้น ON
        delay(Z);                   //เรียกโปรแกรมย่อยหน่วงเวลา
        }
}


/********** โปรแกรมหลัก**********/
void main()

{ value humi_val,temp_val;
 unsigned char  checksum;


 while(1)
 {
  s_connectionreset();
  s_measure(&humi_val.i,&checksum,HUMI);   //วัดความชื้น
  s_measure(&temp_val.i,&checksum,TEMP);   //วัดอุณหภูมิ
  humi_val.f=(float)humi_val.i;            //เปลี่ยนชนิดข้อมูล integer เป็น float
  temp_val.f=(float)temp_val.i;            //เปลี่ยนชนิดข้อมูล integer เป็น float
  calc_sht11(&humi_val.f,&temp_val.f);     //คำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้นจริง

multiplex(temp_val.f,humi_val.f);          //ส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นจริงออกDisplay
P2=0xff;                                   //เซ็ต 7-segment ดับทุกตัว
 }
}

/*********************************จบโปรแกรม*********************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

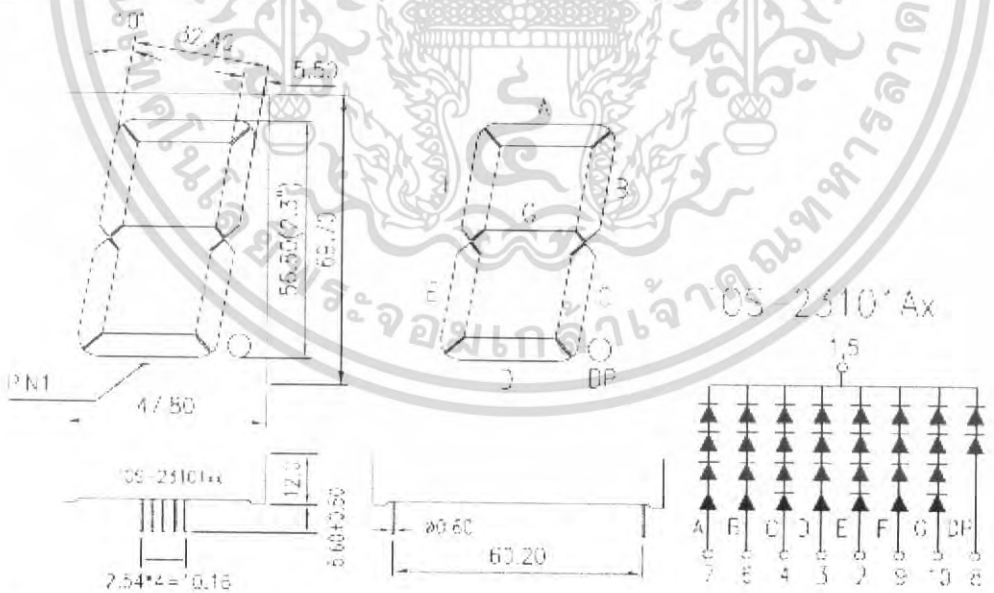
### 3.3.3 ภาคการแสดงผล




รูปที่ 3.5 วงจรภาคแสดงผล

จากรูปที่ 3.5 วงจรสามารถอธิบายรายละเอียดการทำงานได้ดังนี้

ใช้ 7-Segment เบอร์ TOS-23101AS-B ซึ่งเป็นชนิด common cathode




รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างของ7-Segment เบอร์ TOS-23101AS-B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

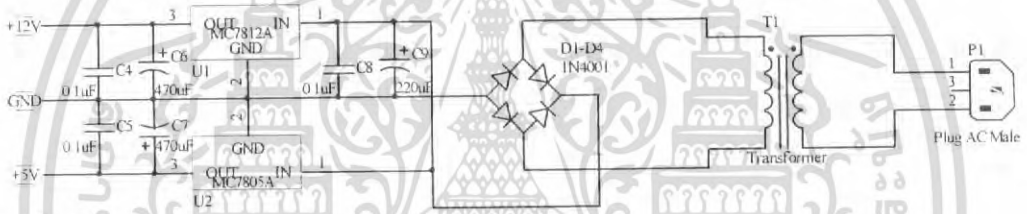
จากโครงสร้างภายในตัว7-Segment ดังกล่าวจะเห็นว่าต้องใช้แรงดันไฟสูงกว่า 5 โวลท์ (ประมาณ 7.2 โวลท์เป็นอย่างน้อย) ในการไบอัสให้7-Segment ทำงาน ดังนั้นการออกแบบในภาคการแสดงผลนี้จึงใช้ไฟเลี้ยงมากกว่าภาคอื่นคือ 12 โวลท์ดีซี

วงจรนี้ยังใช้ IC เบอร์ UDN2981 ในการขับกระแสให้ขา Anode (ขา A,B,C,D,E,F,G และ DP)ของ7-Segment เนื่องจาก IC เบอร์ UDN2981 นี้สามารถทนแรงดัน VCC ได้มากกว่า 12 โวลท์และให้เอาท์พุตที่สามารถขับโหลด(7-Segment )แรงดันสูงได้ประมาณไฟเลี้ยง โดยมีอินพุตที่ได้จากเอาท์พุตของวงจรบัฟเฟอร์ของภาคประมวลผล( 5 โวลท์ดีซี)

ทรานซิสเตอร์ใช้ชนิด PNP เบอร์ C557B ใช้สำหรับขับกระแสที่ขา Common ของ7-Segment แต่ละตัวเพื่อใช้เป็นสวิตช์สำหรับการมัลติเพล็ก

ใช้ตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม ในการจำกัดกระแสให้7-Segment และจำกัดกระแสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์

**3.3.4 ภาคจ่ายไฟ**




รูปที่ 3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ

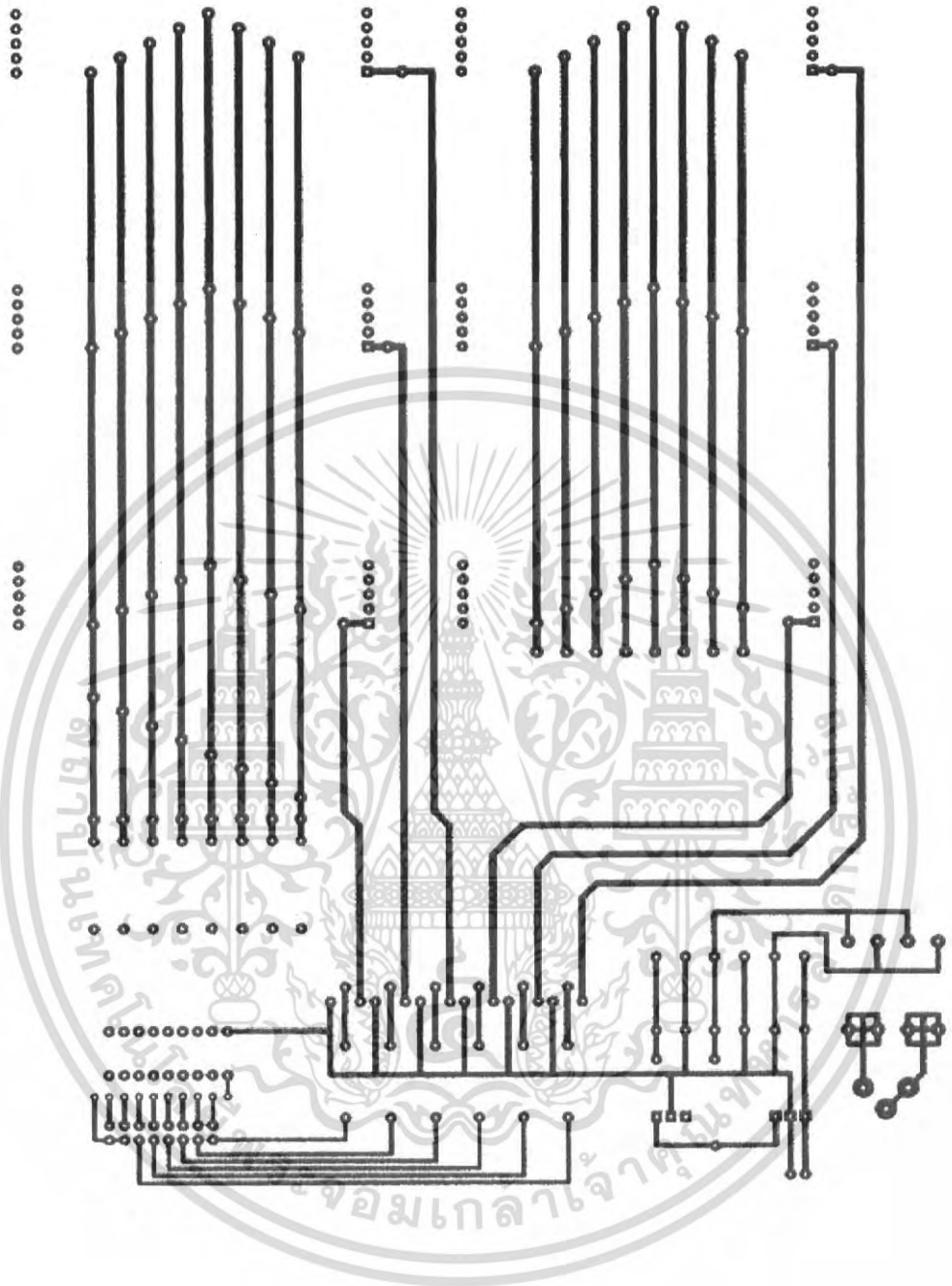
ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้ภาคต่างๆของวงจรทั้งหมดโดยส่วนประกอบต่างๆของแหล่งจ่ายไฟมีหน้าที่ดังนี้

ทรานฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันจาก 220 โวลท์เอซี เหลือ 12 โวลท์เอซี มีไดโอด D1-D4 เบอร์ 1N4001 ต่อกันแบบบริดทำหน้าที่เรียงกระแส(เร็คติไฟเออร์)จากไฟสลับ 12 โวลท์เป็นไฟตรง 12 โวลท์

IC 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่ 5 โวลท์ดีซี เพื่อจ่ายให้กับวงจรในภาคประมวลผลและภาคเซ็นเซอร์

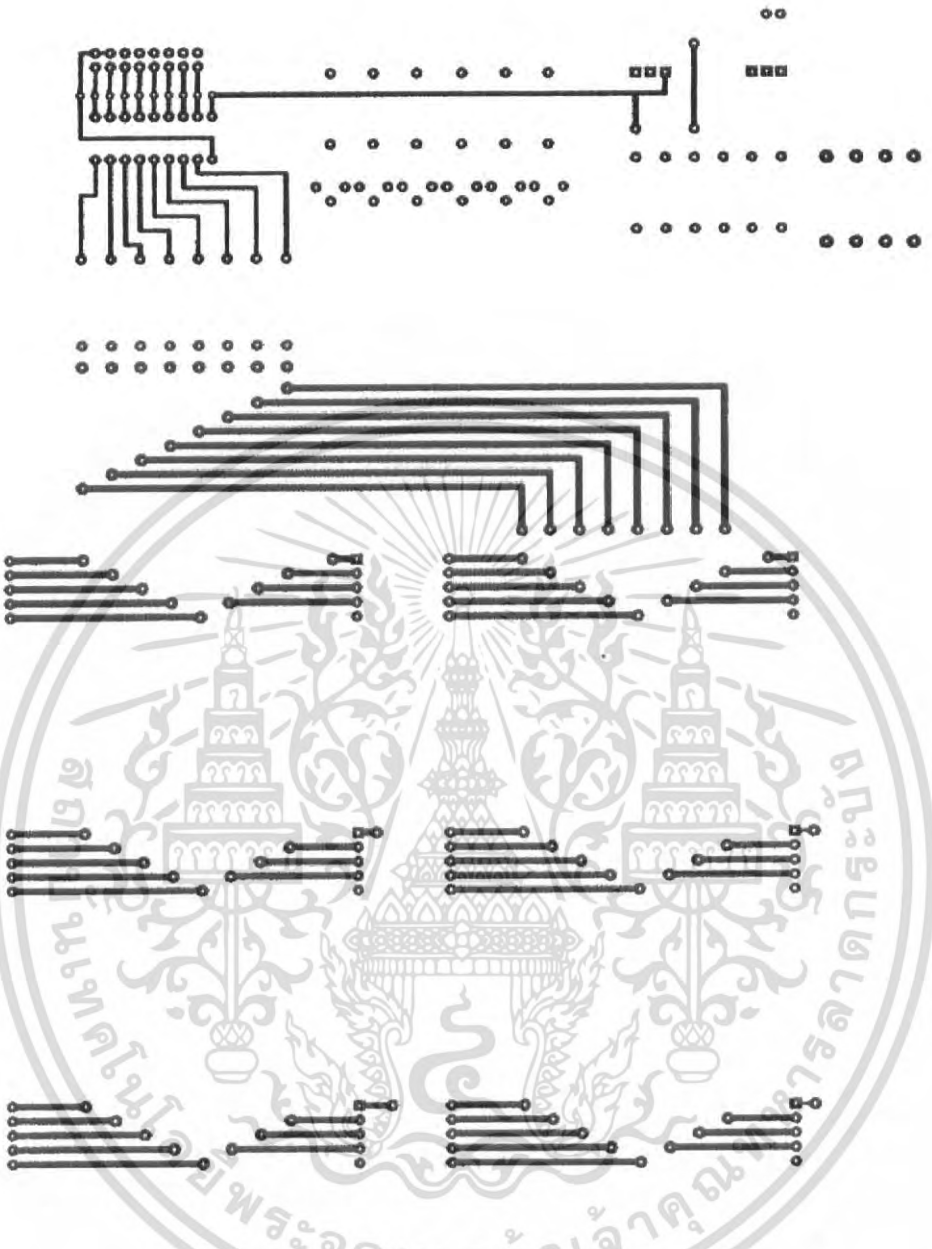
IC 7812 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่ 12 โวลท์ดีซี เพื่อจ่ายให้กับวงจรในภาคแสดงผล ส่วนคาปาซิเตอร์ค่าต่างๆในภาคนี้ทำหน้าที่เป็นตัวฟิลเตอร์เพื่อให้ระดับแรงดันเรียบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



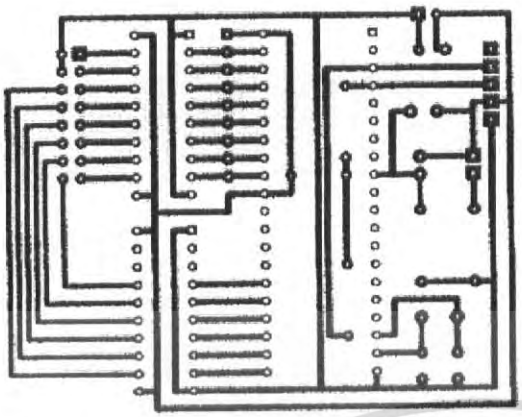
รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ (ภาคแสดงผลและภาคจ่ายไฟ)ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์ (ภาคแสดงผลและภาคจ่ายไฟ)ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผ่นวงจรขนาดเท่าของจริงของเครื่องวัดอุณหภูมิและอัตราความชื้นสัมพัทธ์(ภาคประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่4

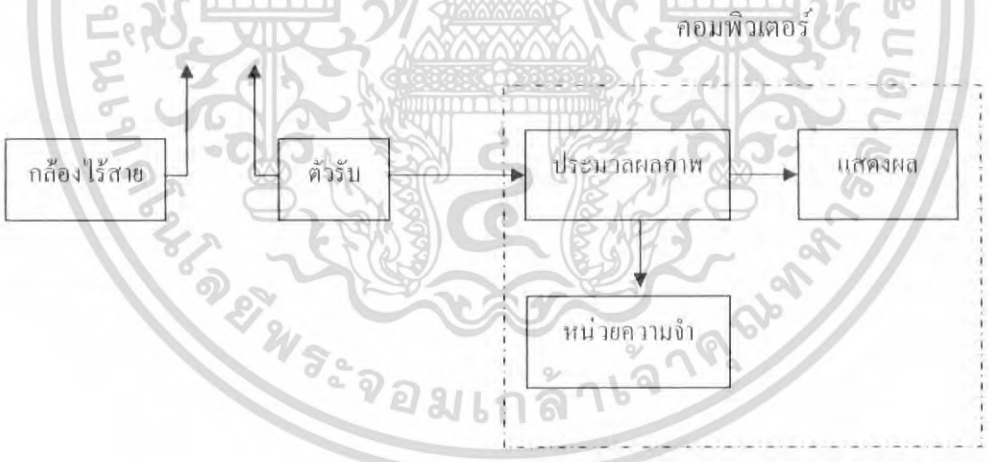
## โปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอดด้วย Delphi

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงาน โครงสร้าง คุณสมบัติของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด ด้วยการเขียนโปรแกรมด้าน Digital Image Processing โดยโปรแกรมที่เขียนในโครงงานนี้ได้ใช้ภาษา Delphi ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

### 4.1 คุณสมบัติของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

1. ใช้กล้องวีดีโอไร้สายสำหรับส่งข้อมูลของเด็กทารกและข้อมูลต่างๆภายในตู้อบเด็กทารกแรกคลอด
2. ใช้ภาษา Delphi ในการเขียนโปรแกรม
3. มีการเตือนภัยเมื่อเด็กมีการเคลื่อนไหว
4. มีระบบบันทึกวีดีโอทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกดด้วยมือ

### 4.2 โครงสร้างของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด




รูปที่ 4.1 โครงสร้างของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

1.กล้องวีดีโอวงจรปิดแบบไร้สาย

ทำหน้าที่ส่งสัญญาณภาพจากตัวกล้องแบบไร้สายที่ความถี่วิทยุ 1.2 GHz พร้อมกับปลงเป็นสัญญาณภาพ ( Video Out ) ที่ตัวรับเพื่อส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ให้ประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ภาพประมวลผล

ทำหน้าที่ประมวลภาพทั้งหมดที่ได้จากกล้องเพื่อใช้ในการบันทึกวีดีโอ,เตือนภัยหรือตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามที่กำหนด

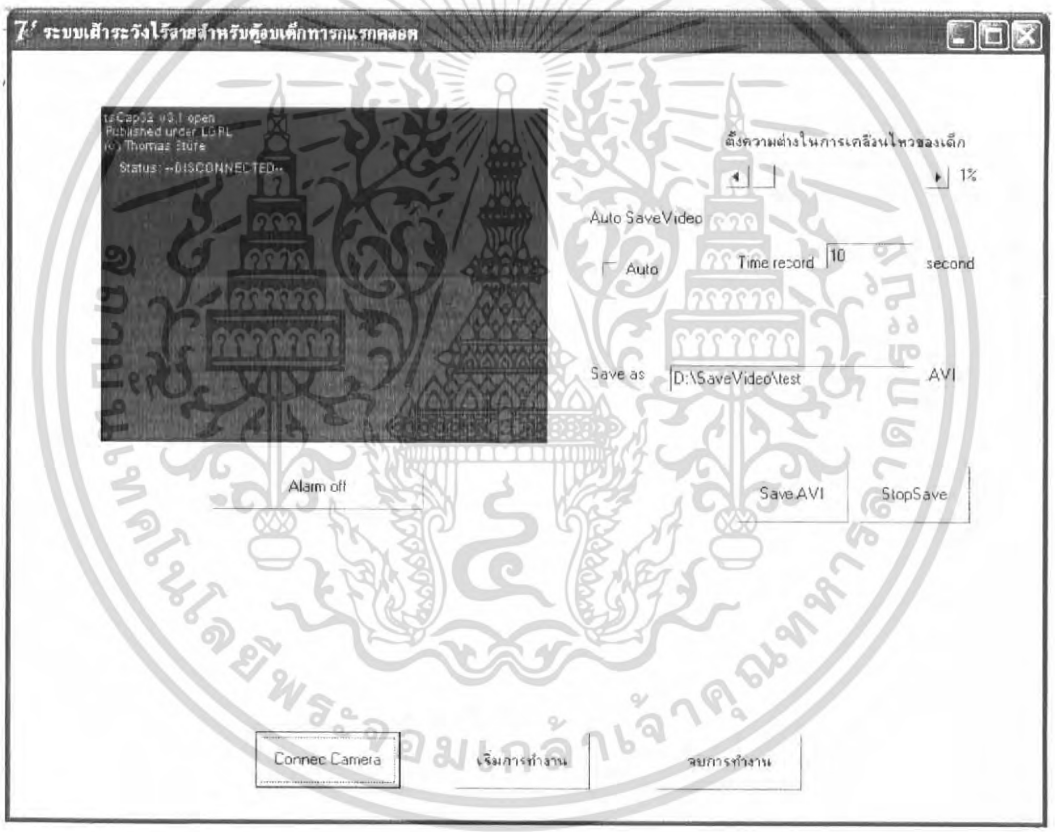
3.หน่วยความจำ

ใช้เก็บข้อมูลของไฟล์วีดีโอที่ทำการบันทึก ในที่นี้ไฟล์ที่เก็บลงหน่วยความจำ(ฮาร์ดดิส) เป็นไฟล์นามสกุล *.AVI

4.การแสดงผล

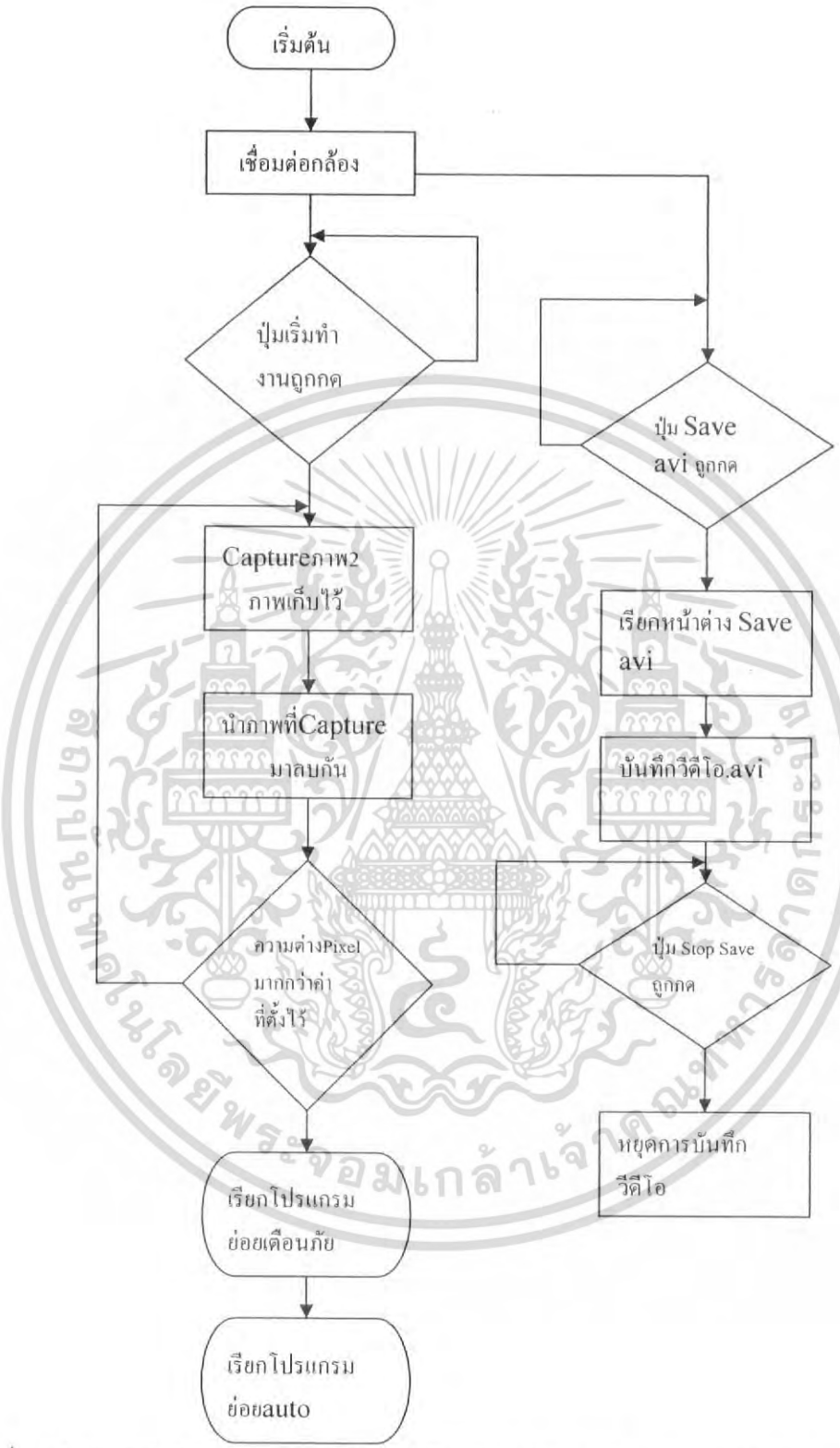
ใช้หน้าต่างของโปรแกรมแสดงที่จอคอมพิวเตอร์

**4.3 การทำงานของระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด**




รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

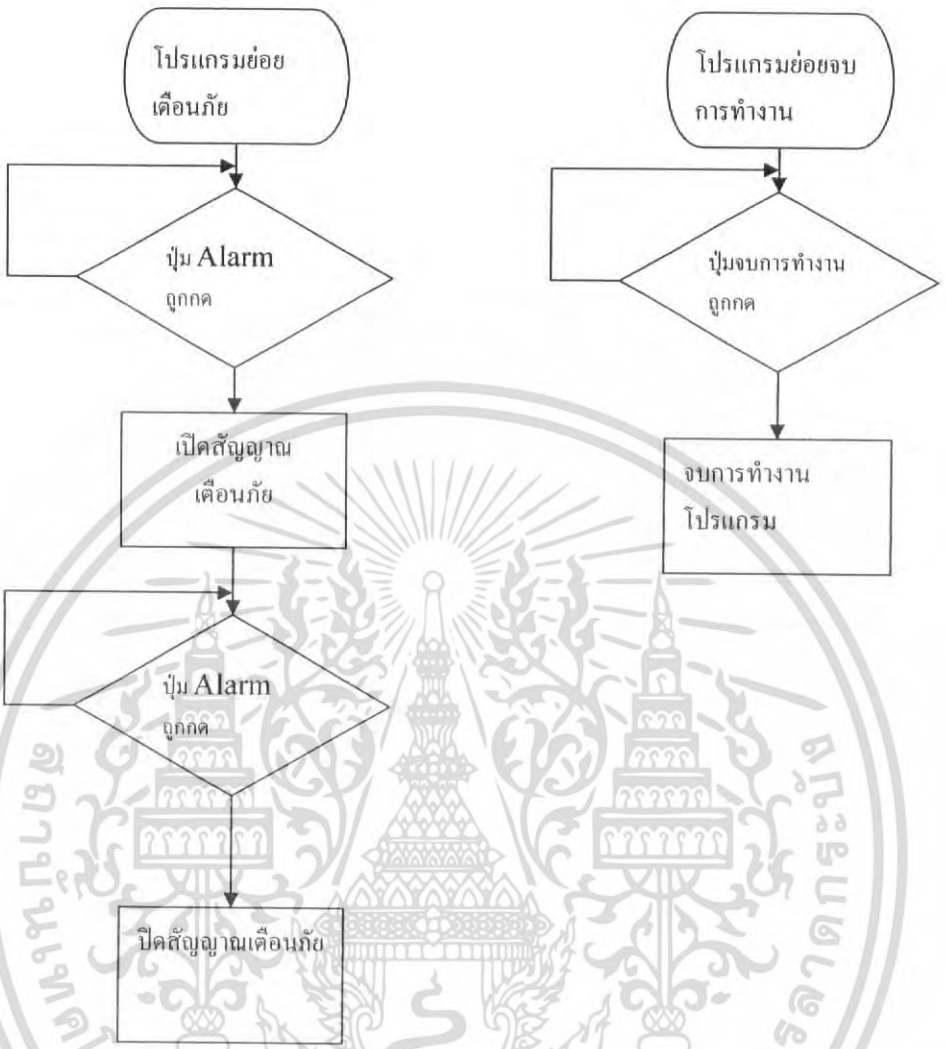



รูปที่ 4.3 โฟลวชาร์ตโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 (ต่อ)โฟลวชาร์ตโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

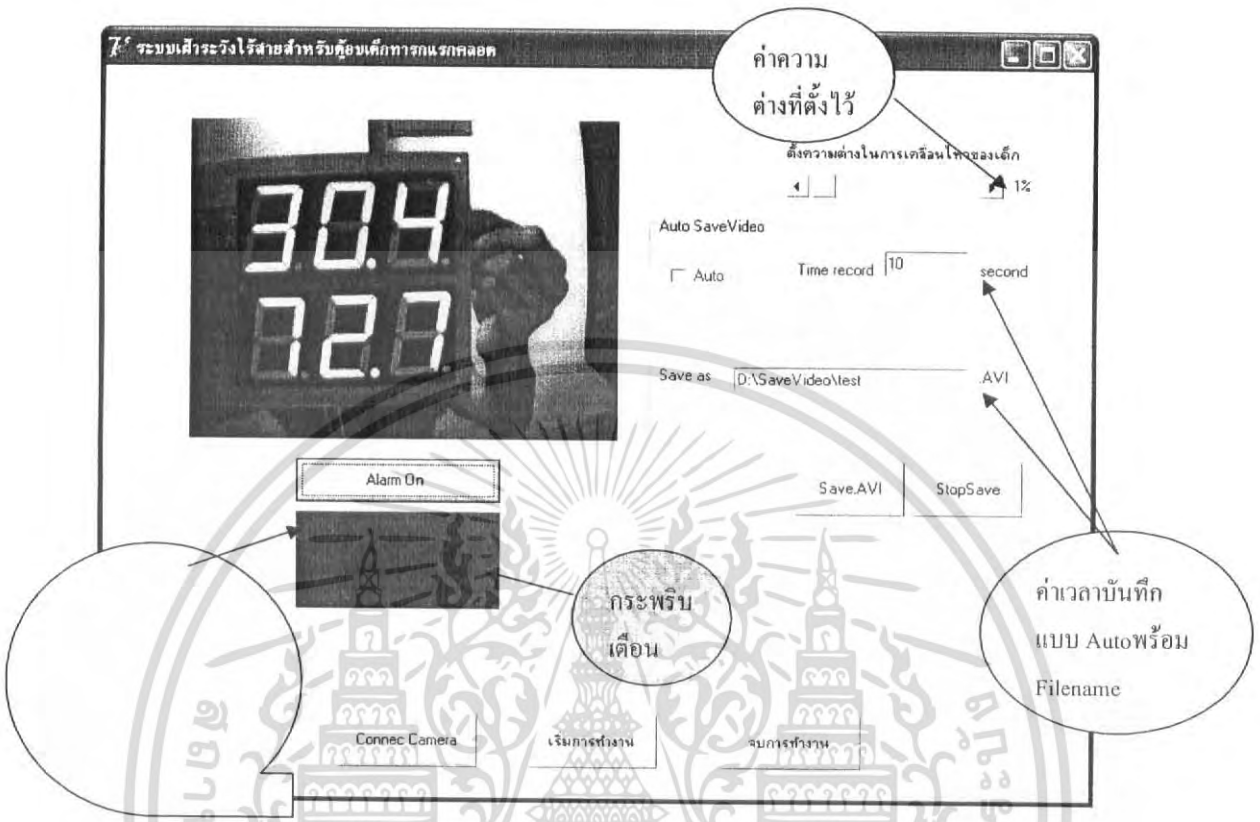
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3 (ต่อ) โฟลวชาร์ตโปรแกรมระบบเฝ้าระวังไร้สายสำหรับตู้อบเด็กทารกแรกคลอด

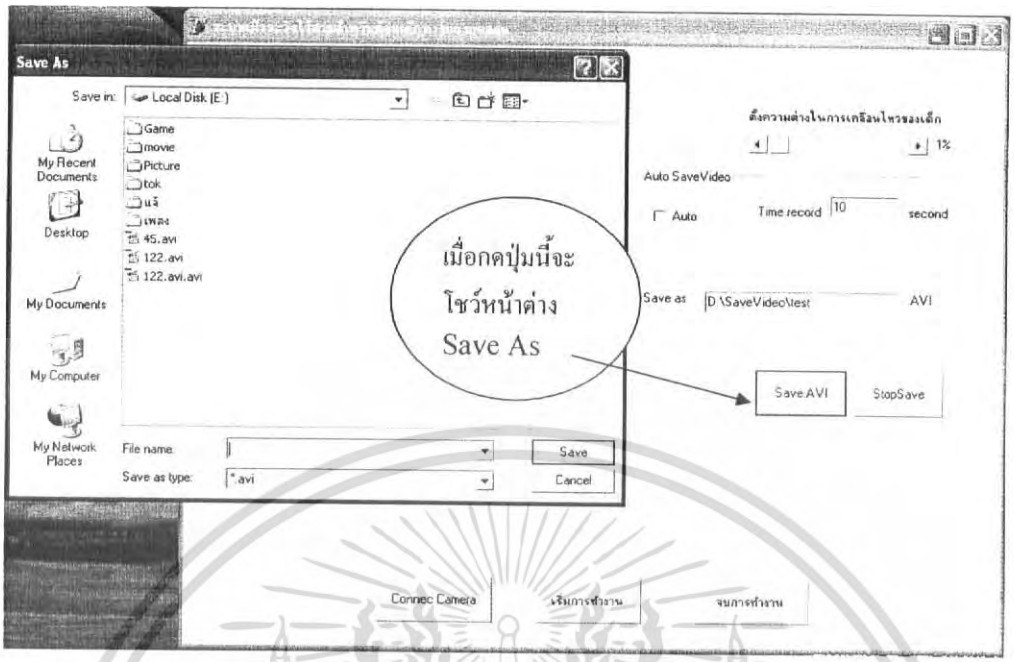
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม




รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

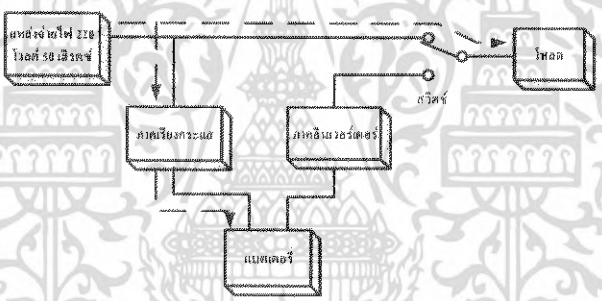
## เครื่องสำรองไฟภายในตู้อบทารกแรกคลอด

เครื่องสำรองไฟนี้ได้ออกแบบให้ใช้ร่วมกับตู้อบทารกแรกคลอด เพื่อประโยชน์ในเรื่องการป้องกันไฟดับยามฉุกเฉินอีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์เมื่อการเคลื่อนย้ายเด็กทารกขณะอยู่ในตู้อบเนื่องจากตู้อบทารกแรกคลอดนี้ออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการช่วยชีวิตทารกภายในตู้อบมากขึ้น

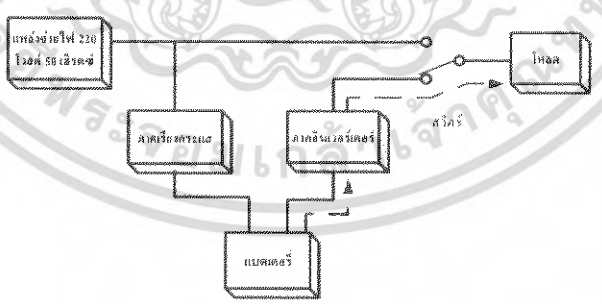
### 5.1 คุณสมบัติของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด

1. เป็นเครื่องสำรองไฟแบบสแตนบายด์ (Standby UPS) หรือ ออฟ-ไลน์ ( off-line UPS )
2. แรงดันอินพุตจากแบตเตอรี่ 12Vdc 7.2Ah
3. แรงดันเอาท์พุต 220Vac แบบ Sine Wave

### 5.2 โครงสร้างหลักของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด




การทำงานในสภาวะปกติ




การทำงานเมื่อเกิดความบกพร่องในสายกำลัง

รูปที่ 5.1 หลักการทำงานของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.1 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ**

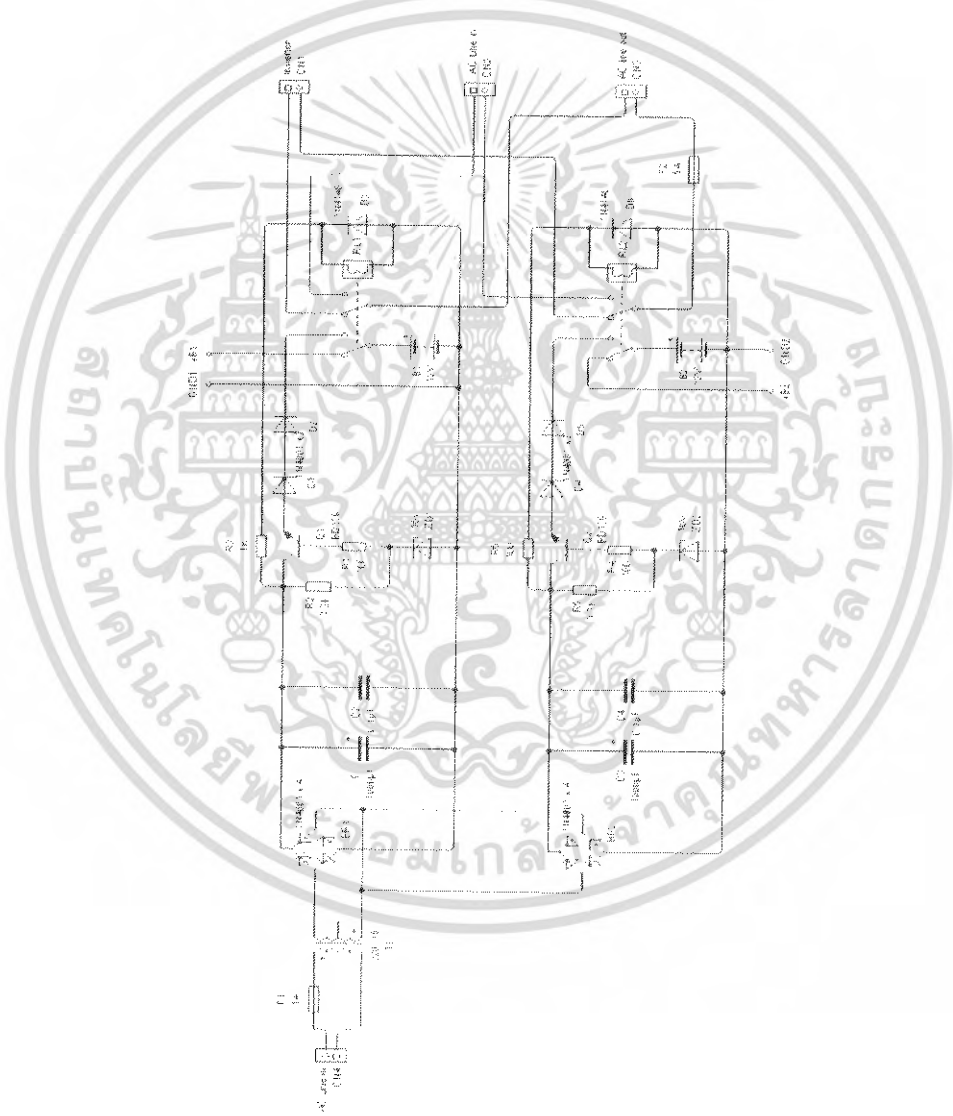
โดยวงจรนี้จะชาร์จแบตเตอร์รี่ขณะไฟมาปกติและเชื่อมต่อแรงดันเอาท์พุตกับ AC-Line ปกติ ( ไฟบ้าน ) เมื่อไฟมาปกติ และขณะไฟดับจะทำการจะสั่งงานให้วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงาน และเชื่อมต่อแรงดันเอาท์พุตกับวงจรอินเวอร์เตอร์แทน

**5.2.2 วงจรอินเวอร์เตอร์**

วงจรในส่วนนี้จะทำการเปลี่ยนแรงดัน 12Vdc จากแบตเตอร์รี่เป็น 220 Vac เพื่อจ่ายกับโหลด

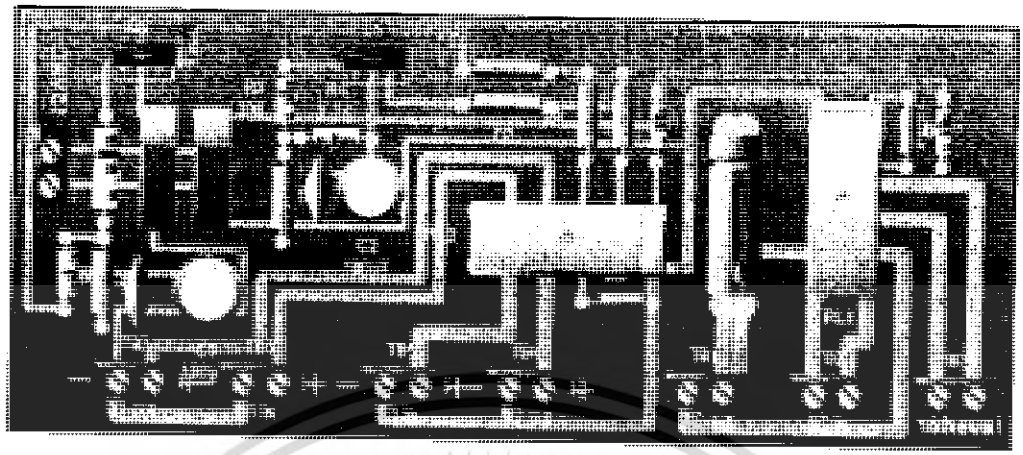
**5.3 การทำงานของเครื่องสำรองไฟในตู้อบทารกแรกคลอด**

**5.3.1 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ**



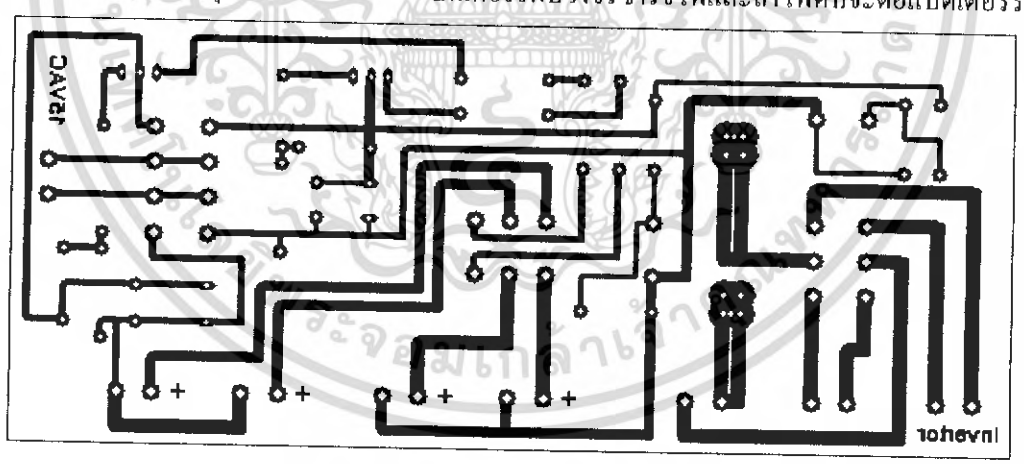
รูปที่ 5.2 วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 การลงอุปกรณ์วงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ

วงจรนี้จะทำการชาร์จแบตเตอร์รี่ได้พร้อมกัน 2 ตัว ได้ใช้รีเลย์ ( DPDT ) ตัดต่อสัญญาณไฟ 2 ตัว โดยถ้าปกติไฟไม่ดับจะมีแรงดันจาก AC Line in เข้าหม้อแปลง T1 ซึ่งจะทำการลดแรงดันไฟ 220 Vac เป็น 15Vac ส่งต่อไปยังวงจรบริดท์ ( BR1 ) เพื่อเร็คติไฟล์เป็นไฟตรงโดยมี C1 และ C2 เป็นวงจรกรองกรองกระแส ซึ่งแรงดันที่ได้นี้ส่งผลให้รีเลย์ทั้ง 2 ตัว ทำงานโดยหน้าสัมผัสของรีเลย์ ( มีหน้าสัมผัส 4 ชุด ) ทั้งหมดจะต่อลักษณะ ขา No ต่อกับขา Common โดยหน้าสัมผัส 2 ชุดแรกจะทำการต่อแบตเตอร์รี่กับวงจรชาร์จไฟและถ้าไฟดับจะต่อแบตเตอร์รี่



รูปที่ 5.4 ลายวงจรชาร์จแบตเตอร์รี่และวงจรตัดต่อไฟแบบอัตโนมัติ(Mirror)

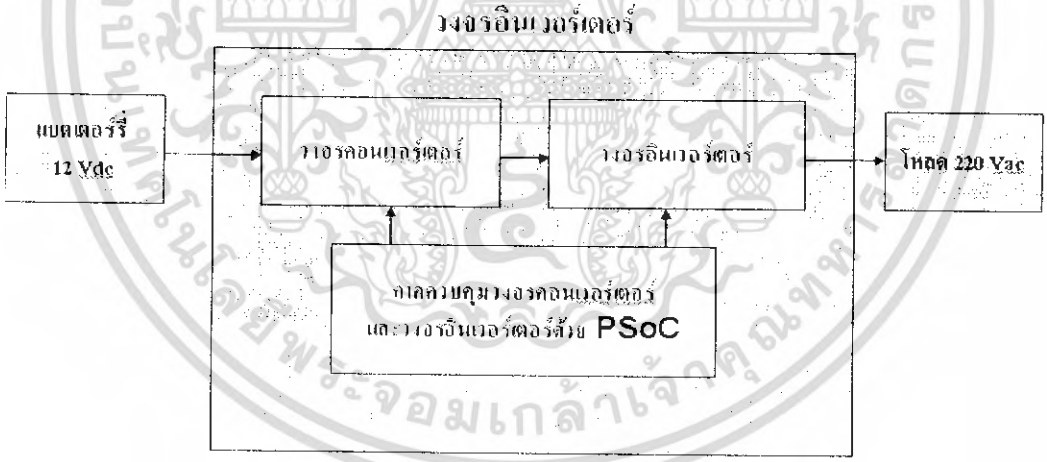
ไปเลี้ยงกับอินเวอร์เตอร์แทน ส่วนหน้าสัมผัส 2 ชุดหลังจะเชื่อมต่อกับ AC Line out กับ AC Line in เมื่อไฟไม่ดับและถ้าไฟดับหน้าสัมผัส 2 ชุดนี้จะเชื่อมต่อ AC Line out กับ Inverter Out แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของวงจรชาร์จเมื่อมีไฟดีซี ( ประมาณ 19-20 โวลท์ ) เข้าที่ขา C ของ Q1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเรคกูเลเตอร์ควบคุมทั้งแรงดันและกระแสเผื่อให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนไปสู่แบตเตอร์รี่โดย D1 และ D2 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับจากแบตเตอร์รี่ แรงดันเรคกูเลเตอร์จะถูกควบคุมให้คงที่โดย ZD1 ค่า 16 โวลท์ โดยแรงดันเอาท์พุตจะมีค่าต่ำกว่า ZD1 อยู่ 1.8 โวลท์ โดย R2 ในวงจรทำหน้าที่จำกัดกระแสไว้ประมาณ 500mA ซึ่งเมื่อแบตเตอร์รี่เต็มจะมีกระแสชาร์จเลี้ยงประมาณ 100 mA และวงจรชาร์จอีกชุดทำงานเช่นเดียวกัน

### 5.3.2 อินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบใช้กับตู้อบเด็กทารกแรกคลอดนี้ ได้สร้างแรงดัน 220Vac แบบ Sine Wave เพื่อให้เหมาะกับโหลดภายในตู้อบซึ่งมีมอเตอร์เอซีเป็นส่วนประกอบ จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่าโหลดประเภทมอเตอร์ต้องการแรงดันที่มีสัญญาณใกล้เคียง Sine Wave มากที่สุด ดังนั้นวงจรที่เลือกใช้ในการทำอินเวอร์เตอร์จึงเลือกแบบ PWM ชนิดไบโพล่าซึ่งมีการขับมอสเฟสแบบฟูลบริดจ์ โดยสัญญาณ PWM ที่ได้ทั้งหมดนี้สร้างจาก Microcontroller PSoC ซึ่งมีโมดูล PWM ภายในตัว โดยมอดดูเลตที่ความถี่ 25 kHz โดยมีสัญญาณที่ขับมอสเฟตนั้นออกที่ขาที่ 1 และขาที่ 2 ของ PSoC และมีภาคคอนเวอร์เตอร์สำหรับเพิ่มแรงดัน12 Vdc เป็น 400 Vdc สำหรับจ่ายให้อินเวอร์เตอร์ โดยขับหม้อแปลงความถี่สูงแบบ Step Up ที่ความถี่ 20 kHz ซึ่งหม้อ

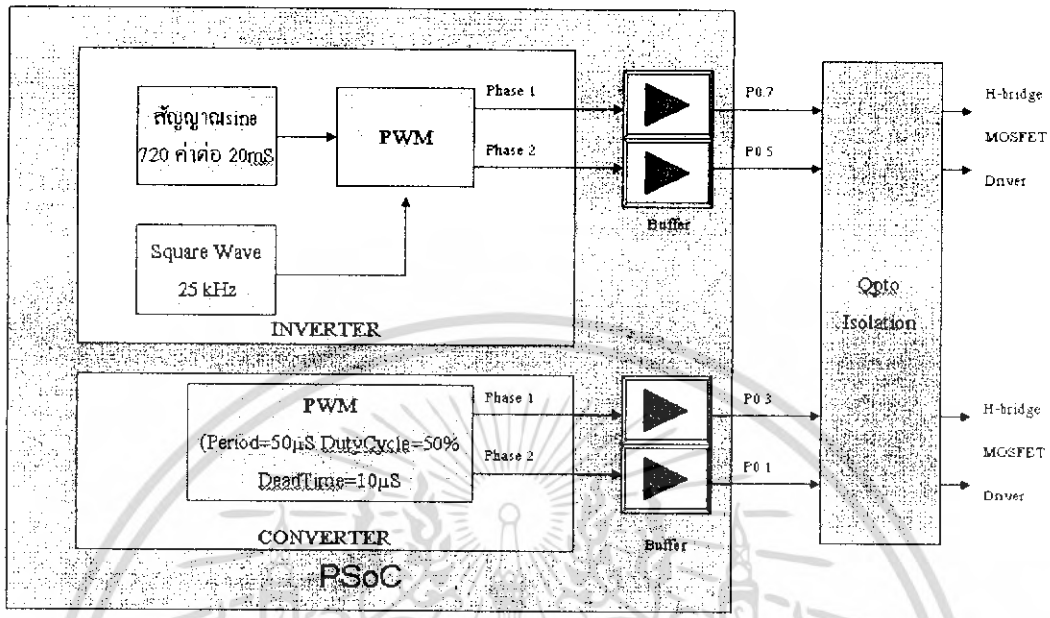



รูปที่ 5.5 บล็อกไดอะแกรมของอินเวอร์เตอร์ในเครื่องสำรองไฟ

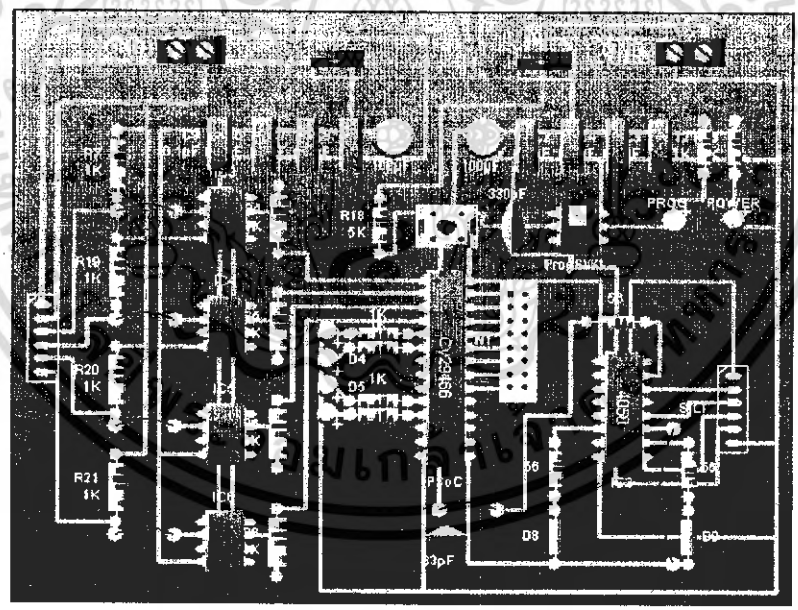
แปลงนี้ผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างขึ้นมาเองให้เหมาะสมกับความถี่ที่ใช้ในการมอดดูเลตและสามารถทนกระแสได้สูงตามที่โหลดต้องการซึ่งในที่นี้ได้ใช้แกนเฟอร์ไรต์แบบ EE โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.2.1** การออกแบบภาคควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ด้วย PSoC

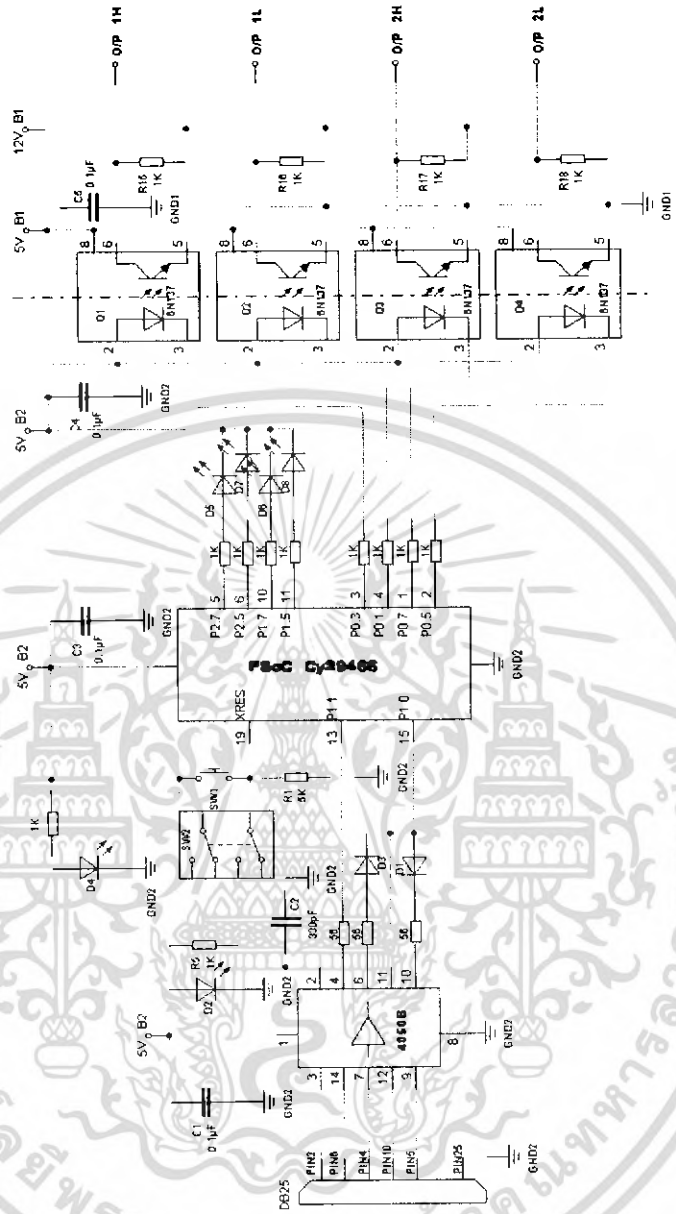



รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมวงจรคอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ด้วย PSoC



รูปที่ 5.7 การลงอุปกรณ์ของวงจรที่ใช้ในการทดลองอินเวอร์เตอร์แบบ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.8 วงจรที่ใช้ในการสร้างอินเวอร์เตอร์แบบ PWM

**5.3.2.2** การออกแบบทางซอฟแวร์ใน PSoC

ใช้โปรแกรม PSoC DESIGNER แล้วใช้โมดูล Counter16,PWMDB16, PWM16 2ตัว แล้วตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Global Resources | Value |
|---|---|
| Power Setting [ Vcc / SysClk freq | 5.0V / 24MHz |
| CPU_Clock | SysClk/1 |
| 32K_Select | Internal |
| PLL_Mode | Disable |
| Sleep_Timer | 512_Hz |
| VC1= SysClk/N | 1 |
| VC2= VC1/N | 1 |
| VC3 Source | SysClk/1 |
| VC3 Divider | 1 |
| SysClk Source | Internal |
| SysClk*2 Disable | No |
| Analog Power | SC On/Ref Low |
| Ref Mux | (Vdd/2)+/-BandGap |
| AGndBypass | Disable |
| Op-Amp Bias | Low |
| A_Buff_Power | Low |
| SwitchModePump | OFF |
| Trip Voltage [LVD (SMP)] | 4.81V (5.00V) |
| LVDThrottleBack | Disable |
| Watchdog Enable | Disable |

รูปที่ 5.9 การกำหนดค่า Global Resources

PWM_Con

| User Module Parameters | Value |
|---|---|
| Clock | VC1 |
| Enable | High |
| Period | 959 |
| PulseWidth | 479 |
| InterruptType | Terminal Count |
| PWMOutput | None |
| DeadTime | 95 |
| Phase1 | Row_0_Output_1 |
| Phase2 | Row_0_Output_3 |
| DeadBandKill | Low |
| DeadBandKill_Mode | DisableKill |
| ClockSync | Use SysClk Direct |
| InvertDeadBandKill | Normal |
| InvertEnable | Normal |

รูปที่ 5.10 การกำหนดค่า PWMDB16 สำหรับควบคุมเฟส1 และเฟส2 ของคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Counter16_1

| User Module Parameters | Value |
|---|---|
| Clock | SysClk*2 |
| Enable | High |
| CompareOut | None |
| TerminalCountOut | None |
| Period | 1919 |
| CompareValue | 960 |
| CompareType | Less Than Or Equal |
| InterruptType | Compare True |
| ClockSync | Unsynchronized |
| InvertEnable | Normal |

รูปที่ 5.11 การกำหนดค่า Counter16

| Name | Port | Select | Drive | Interrupt |
|---|---|---|---|---|
| Port_0_0 | P0[0] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_0_1 | P0[1] | GlobalOutEv | Strong | DisableInt |
| Port_0_2 | P0[2] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_0_3 | P0[3] | GlobalOutEv | Strong | DisableInt |
| Port_0_4 | P0[4] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_0_5 | P0[5] | GlobalOutEv | Strong | DisableInt |
| Port_0_6 | P0[6] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_0_7 | P0[7] | GlobalOutEv | Strong | DisableInt |
| Port_1_0 | P1[0] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_1 | P1[1] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_2 | P1[2] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_3 | P1[3] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_4 | P1[4] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_5 | P1[5] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_6 | P1[6] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_1_7 | P1[7] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_0 | P2[0] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_1 | P2[1] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_2 | P2[2] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_3 | P2[3] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_4 | P2[4] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_5 | P2[5] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_6 | P2[6] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |
| Port_2_7 | P2[7] | StdCPU | High Z Analc | DisableInt |

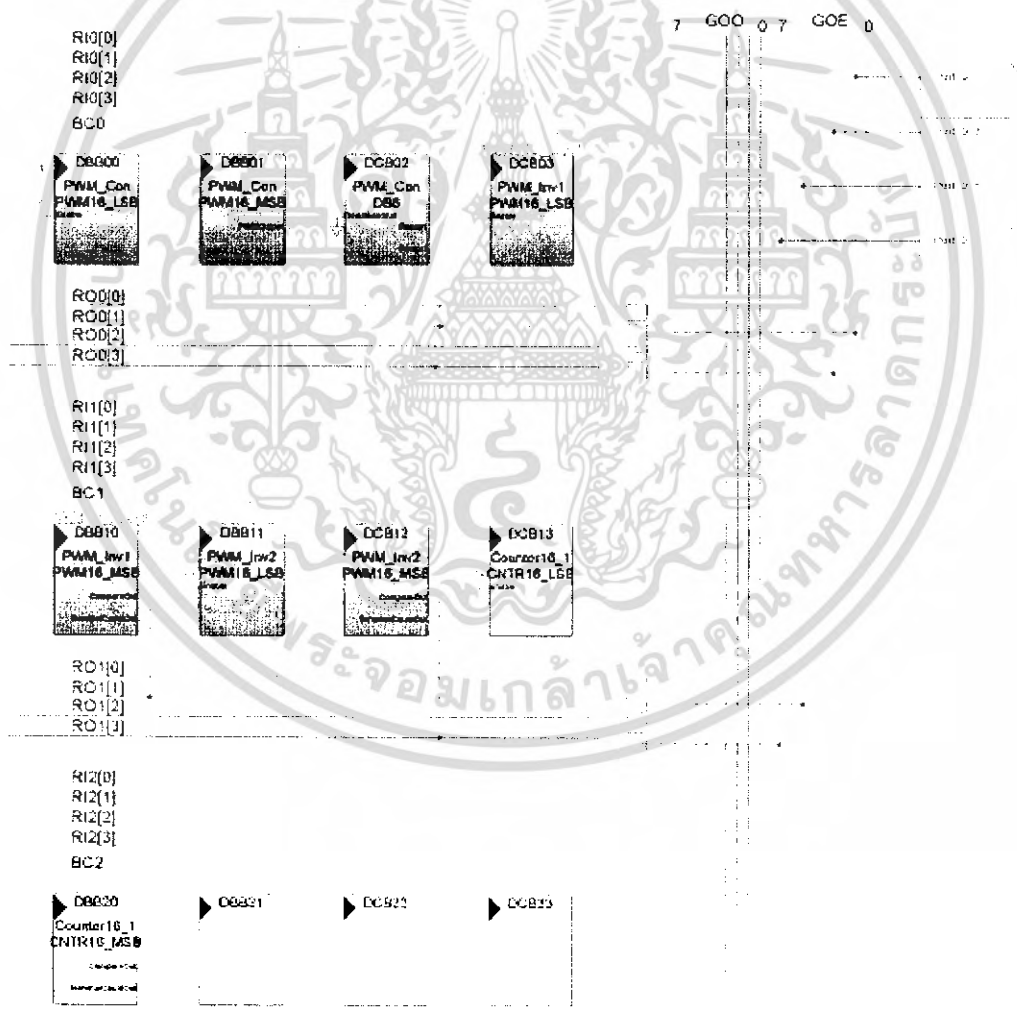
รูปที่ 5.12 การกำหนดค่า พอร์ตต่างๆ ใน PSoC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWM_Inv1

| User Module Parameters | Value |
|---|---|
| Clock | SysClk*2 |
| Enable | High |
| CompareOut | Row_1_Output_1 |
| TerminalCountOut | None |
| Period | 1919 |
| PulseWidth | 0 |
| CompareType | Less Than Or Equal |
| InterruptType | Terminal Count |
| ClockSync | Unsynchronized |
| InvertEnable | Normal |

รูปที่ 5.13 การกำหนดค่าของ PWM16 ทั้งสองตัวสำหรับสร้างสัญญาณควบคุม Inverter




รูปที่ 5.14 การเชื่อมต่อสายสัญญาณภายใน PSoC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ซอร์สโค้ดภาษา C ภายใน main.c ของ PSoC Desiner**

```
//-------------------------------------------------------------------------
// C main line
//-------------------------------------------------------------------------

#include <m8c.h>        // part specific constants and macros
#include "PSoCAPI.h"    // PSoC API definitions for all User Modules
#include "delay.h"

#pragma interrupt_handler Counter16_1_Int

const WORD PhaseShift=1450;

const PW_Sin1[]={
        360,363,366,369,373,376,379,382,385,388,391,395,398,401,404,407,410,413,416,419,
        423,426,429,432,435,438,441,444,447,450,453,456,459,462,465,468,471,474,477,480,
        483,486,489,492,495,498,501,504,506,509,512,515,518,521,523,526,529,532,535,537,
        540,543,545,548,551,553,556,559,561,564,566,569,572,574,577,579,582,584,587,589,
        591,594,596,599,601,603,606,608,610,612,615,617,619,621,623,625,628,630,632,634,
        636,638,640,642,644,646,648,649,651,653,655,657,658,660,662,664,665,667,669,670,
        672,673,675,676,678,679,681,682,684,685,686,688,689,690,691,693,694,695,696,697,
        698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,709,710,711,711,712,713,713,714,
        715,715,716,716,716,717,717,718,718,718,719,719,719,719,720,720,720,720,720,720,
        720,720,720,720,720,720,720,719,719,719,719,718,718,718,717,717,716,716,716,715,
        715,714,713,713,712,711,711,710,709,709,708,707,706,705,704,703,702,701,700,699,
        698,697,696,695,694,693,691,690,689,688,686,685,684,682,681,679,678,676,675,673,
        672,670,669,667,665,664,662,660,658,657,655,653,651,649,648,646,644,642,640,638,
        636,634,632,630,628,625,623,621,619,617,615,612,610,608,606,603,601,599,596,594,
        591,589,587,584,582,579,577,574,572,569,566,564,561,559,556,553,551,548,545,543,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
540,537,535,532,529,526,523,521,518,515,512,509,506,504,501,498,495,492,489,486,
483,480,477,474,471,468,465,462,459,456,453,450,447,444,441,438,435,432,429,426,
423,419,416,413,410,407,404,401,398,395,391,388,385,382,379,376,373,369,366,363,
360,357,354,351,347,344,341,338,335,332,329,325,322,319,316,313,310,307,304,301,
297,294,291,288,285,282,279,276,273,270,267,264,261,258,255,252,249,246,243,240,
237,234,231,228,225,222,219,216,214,211,208,205,202,199,197,194,191,188,185,183,
180,177,175,172,169,167,164,161,159,156,154,151,148,146,143,141,138,136,133,131,
129,126,124,121,119,117,114,112,110,108,105,103,101,99,97,95,92,90,88,86,
84,82,80,78,76,74,72,71,69,67,65,63,62,60,58,56,55,53,51,50,
48,47,45,44,42,41,39,38,36,35,34,32,31,30,29,27,26,25,24,23,
22,21,20,19,18,17,16,15,14,13,12,11,11,10,9,9,8,7,7,6,
5,5,4,4,4,3,3,2,2,2,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,2,2,2,3,3,4,4,4,5,
5,6,7,7,8,9,9,10,11,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,
22,23,24,25,26,27,29,30,31,32,34,35,36,38,39,41,42,44,45,47,
48,50,51,53,55,56,58,60,62,63,65,67,69,71,72,74,76,78,80,82,
84,86,88,90,92,95,97,99,101,103,105,108,110,112,114,117,119,121,124,126,
129,131,133,136,138,141,143,146,148,151,154,156,159,161,164,167,169,172,175,177,
180,183,185,188,191,194,197,199,202,205,208,211,214,216,219,222,225,228,231,234,
237,240,243,246,249,252,255,258,261,264,267,270,273,276,279,282,285,288,291,294,
297,301,304,307,310,313,316,319,322,325,329,332,335,338,341,344,347,351,354,357};

const PW_Sin2[]={
360,357,354,351,347,344,341,338,335,332,329,325,322,319,316,313,310,307,304,301,
297,294,291,288,285,282,279,276,273,270,267,264,261,258,255,252,249,246,243,240,
237,234,231,228,225,222,219,216,214,211,208,205,202,199,197,194,191,188,185,183,
180,177,175,172,169,167,164,161,159,156,154,151,148,146,143,141,138,136,133,131,
129,126,124,121,119,117,114,112,110,108,105,103,101,99,97,95,92,90,88,86,
84,82,80,78,76,74,72,71,69,67,65,63,62,60,58,56,55,53,51,50,
48,47,45,44,42,41,39,38,36,35,34,32,31,30,29,27,26,25,24,23,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22,21,20,19,18,17,16,15,14,13,12,11,11,10,9,9,8,7,7,6,

5,5,4,4,4,3,3,2,2,2,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,

0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,2,2,2,3,3,4,4,4,5,

5,6,7,7,8,9,9,10,11,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,

22,23,24,25,26,27,29,30,31,32,34,35,36,38,39,41,42,44,45,47,

48,50,51,53,55,56,58,60,62,63,65,67,69,71,72,74,76,78,80,82,

84,86,88,90,92,95,97,99,101,103,105,108,110,112,114,117,119,121,124,126,

129,131,133,136,138,141,143,146,148,151,154,156,159,161,164,167,169,172,175,177,

180,183,185,188,191,194,197,199,202,205,208,211,214,216,219,222,225,228,231,234,

237,240,243,246,249,252,255,258,261,264,267,270,273,276,279,282,285,288,291,294,

297,301,304,307,310,313,316,319,322,325,329,332,335,338,341,344,347,351,354,357,

360,363,366,369,373,376,379,382,385,388,391,395,398,401,404,407,410,413,416,419,

423,426,429,432,435,438,441,444,447,450,453,456,459,462,465,468,471,474,477,480,

483,486,489,492,495,498,501,504,506,509,512,515,518,521,523,526,529,532,535,537,

540,543,545,548,551,553,556,559,561,564,566,569,572,574,577,579,582,584,587,589,

591,594,596,599,601,603,606,608,610,612,615,617,619,621,623,625,628,630,632,634,

636,638,640,642,644,646,648,649,651,653,655,657,658,660,662,664,665,667,669,670,

672,673,675,676,678,679,681,682,684,685,686,688,689,690,691,693,694,695,696,697,

698,699,700,701,702,703,704,705,706,707,708,709,709,710,711,711,712,713,713,714,

715,715,716,716,716,717,717,718,718,718,719,719,719,719,720,720,720,720,720,720,

720,720,720,720,720,720,720,719,719,719,719,718,718,718,717,717,716,716,716,715,

715,714,713,713,712,711,711,710,709,709,708,707,706,705,704,703,702,701,700,699,

698,697,696,695,694,693,691,690,689,688,686,685,684,682,681,679,678,676,675,673,

672,670,669,667,665,664,662,660,658,657,655,653,651,649,648,646,644,642,640,638,

636,634,632,630,628,625,623,621,619,617,615,612,610,608,606,603,601,599,596,594,

591,589,587,584,582,579,577,574,572,569,566,564,561,559,556,553,551,548,545,543,

540,537,535,532,529,526,523,521,518,515,512,509,506,504,501,498,495,492,489,486,

483,480,477,474.471,468,465,462,459,456,453,450,447,444,441,438,435,432,429,426,

423,419,416,413,410,407,404,401,398,395,391,388,385,382,379,376,373,369,366,363};

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void Counter16_1_Int(void)
{
        Counter16_1_Stop();
        PWM_Inv2_Start();
        Counter16_1_DisableInt();
}

void delay(WORD d)
{
        WORD t;

   for(t=0;t<=d;t++)
   {
    asm("nop"); asm("nop");
    asm("nop"); asm("nop");
    asm("nop"); asm("nop");
   }
}

void main()
{
        WORD i;

        Counter16_1_EnableInt();
        M8C_EnableGInt;
        Counter16_1_WriteCompareValue(PhaseShift);
   Counter16_1_Start();
        PWM_Inv1_Start();
        Delay1mS(2);
        PWM_Con_Start();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        while(1)
        {
                for(i=0;i<=719;i++)
                {
                        PWM_Inv1_WritePulseWidth(PW_Sin1[i]);
                        PWM_Inv2_WritePulseWidth(PW_Sin2[i]);
                        delay(1);
                }
        }
}
```

**การทำงานของโปรแกรม**

จากโปรแกรมเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์วิดท์มอดของ PWM_1 ออกไปที่ขาที่ 2 และ PWM_2 ออกที่ 1 โดยการกำหนดค่า Period ของสัญญาณ PWM ทั้ง 2 ตัว ไว้ที่ 120 แต่การกำหนดค่า PeriodValue จะเป็น 119

โดยค่า Period ของสัญญาณเป็นตามสมการ

$$OutputPeriod = (PeriodValue + 1) \times t_{CLK} \quad \text{.....(5.1)}$$

การคำนวณค่า PeriodValue

ในการมอดดูเลตที่ 25 kHz จะมีค่า

$$\text{Period Time} = 1/25\ \text{kHz} = 40\ \text{uS}$$

$$f_{CLK} = VC1 = \text{SysClk} * 2 = 24\ \text{MHz} * 2 = 48\ \text{MHz}$$

จากสมการ (5.1) เขียนรูปใหม่ได้

$$PeriodValue = (OutputPeriod \times f_{CLK}) - 1 = (40\ \text{uS} \times 48\ \text{MHz}) - 1 = 1920 - 1 = 1919$$

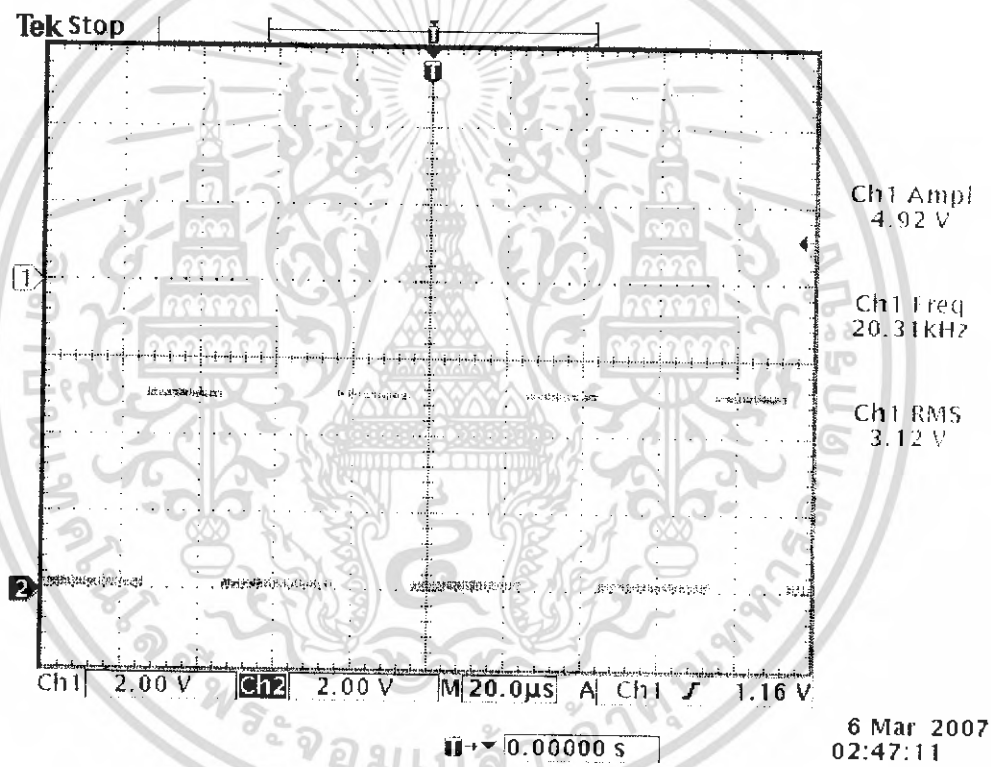
ดังนั้นค่า PulseWidth ของ PWM ต้องไม่เกิน 1920

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างสัญญาณซายน์ 50 Hz เพื่อทำการมอดดูเลตนั้น ได้สร้างค่าคงที่ของสัญญาณซายน์ไว้ 720 ค่า ต่อเฟสของสัญญาณควบคุม เพื่อให้ได้ PWM เป็นแบบไบโพล่าร์ จากความถี่ 50 Hz มีค่าเท่ากับ 20 mS

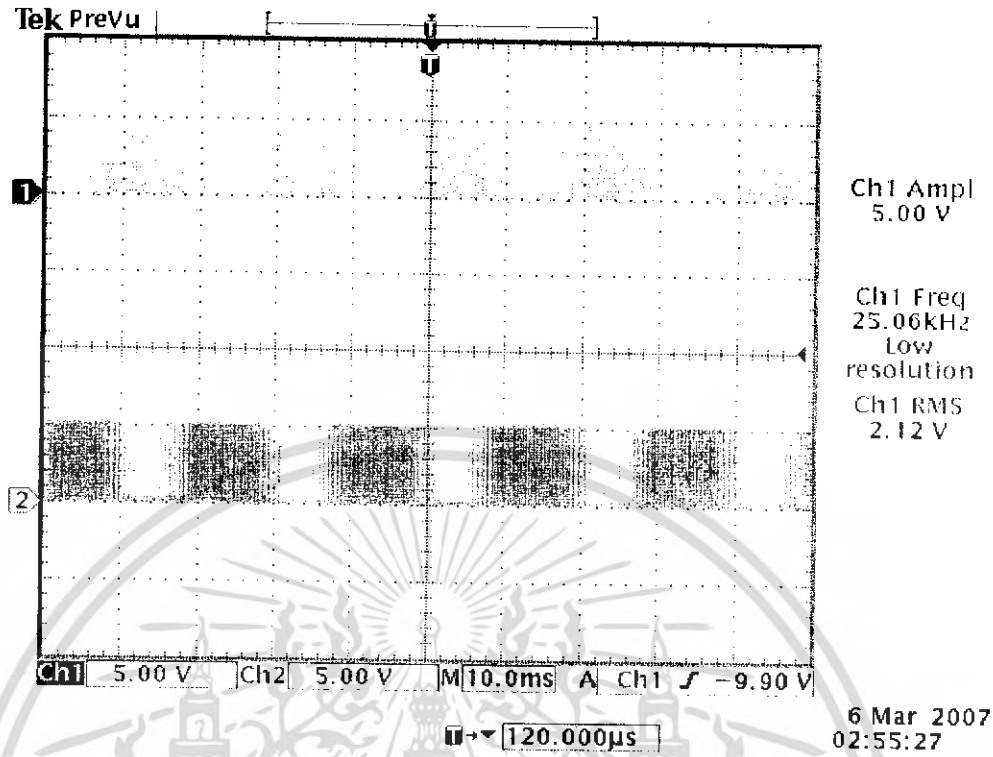
ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าสัญญาณซายน์ 50 Hz จะต้องทำการเปลี่ยนค่าของ PulseWidth ใน PWM ตามสัญญาณซายน์ทุกๆ 27.78 uS

จากวงจรรูปที่ 5.7 เป็นวงจรที่ใช้ในการโปรแกรม Hex File ให้กับ PSoC MCU และใช้ในการทดลองสร้างอินเวอร์เตอร์แบบ PWM และเมื่อทำการเบิร์นโปรแกรมโดยผลที่ได้จากวัดสัญญาณมีลักษณะดังนี้




รูปที่ 5.15 สัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุม Converter ที่ขา 3 และ 4 ของ PSoC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.16 สัญญาณ PWM ที่ใช้ควบคุม Inverter ที่ขา 1 และ 2 ของ PSoC

**5.3.2.3** การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่รับสัญญาณควบคุมจาก PSoC

ในส่วนนี้เป็นวงจรที่ใช้สำหรับสร้างไฟตรงแรงดันสูงโดยประกอบด้วยวงจรหลักๆคือ วงจรขับเกตของ MOSFET โดยใช้ไอซีเบอร์ IR2110 ซึ่งเป็นไอซีขับเกตแบบ ฮาร์ฟบริดจ์ จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้ขับวงจรแบบฟูลบริดจ์ได้ ในส่วนต่อมาคือ หม้อแปลงความถี่สูงสำหรับเปลี่ยนแรงดันต่ำเป็นแรงดันสูง และ วงจรเร็กติไฟเออร์ สำหรับเปลี่ยนไฟกระแสสลับจากหม้อแปลงเป็นไฟตรง ในส่วนนี้เราจะใช้ POWER MOSFET แบบแรงดันต่ำกระแสสูง

โดยการคำนวณหม้อแปลงมีดังนี้

- N1 = Vin / 4AcBmfs

  Vin = 12 Vdc

  Ac = 494mm2

  Bm = 0.2 เทสลา

  fs = 20 kHz

  ได้ N1 = 1.52 เลือก N1 = 2 รอบ

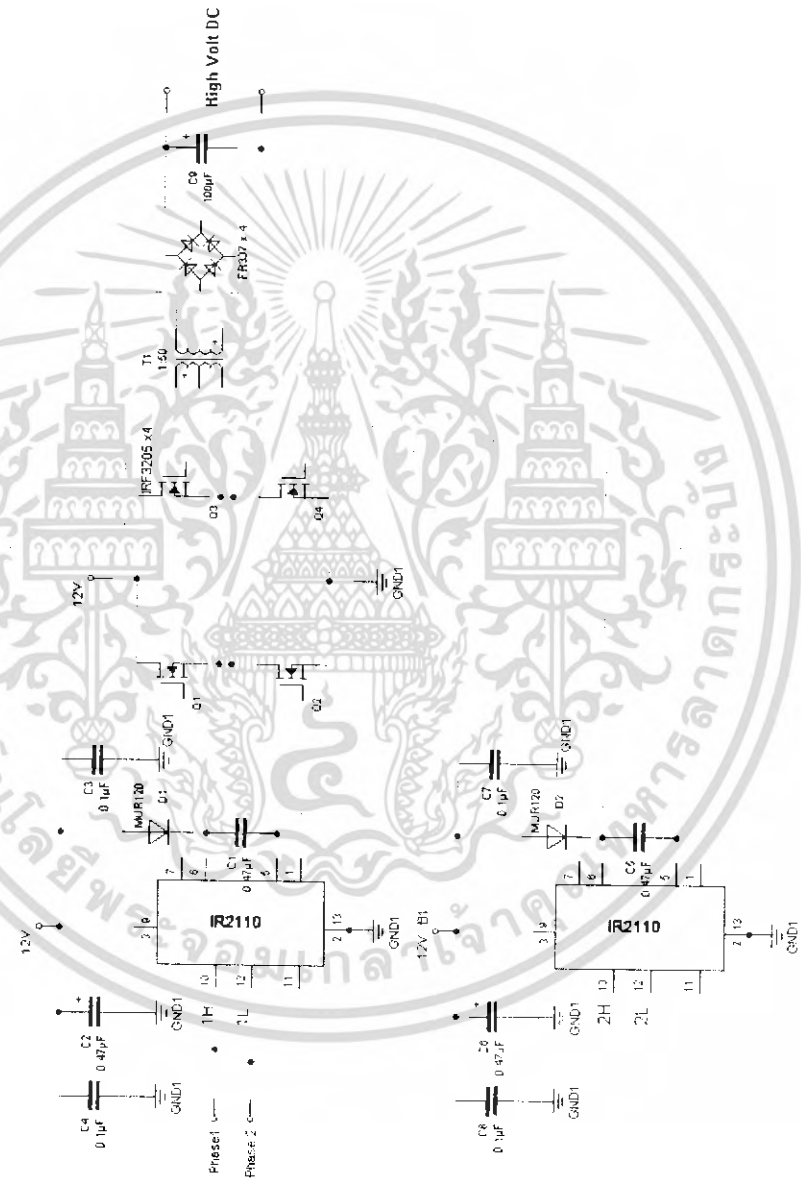
  n = V'out/(Vin*2Dmax) = 311*(100/70) / (12*0.8) = 46.28 เลือกค่า n= 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N2 = 50N1=100 รอบ (ต้องการแรงดันDC outputที่มากกว่า 311*(100/70) V)

//// 311=220*1.414 //// 100/70=อัตราการมอดดูเลตสำหรับInverter

(ดูรายระเอียดได้จากหนังสือ อิเล็กทรอนิกส์กำลังของ รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงิน / วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

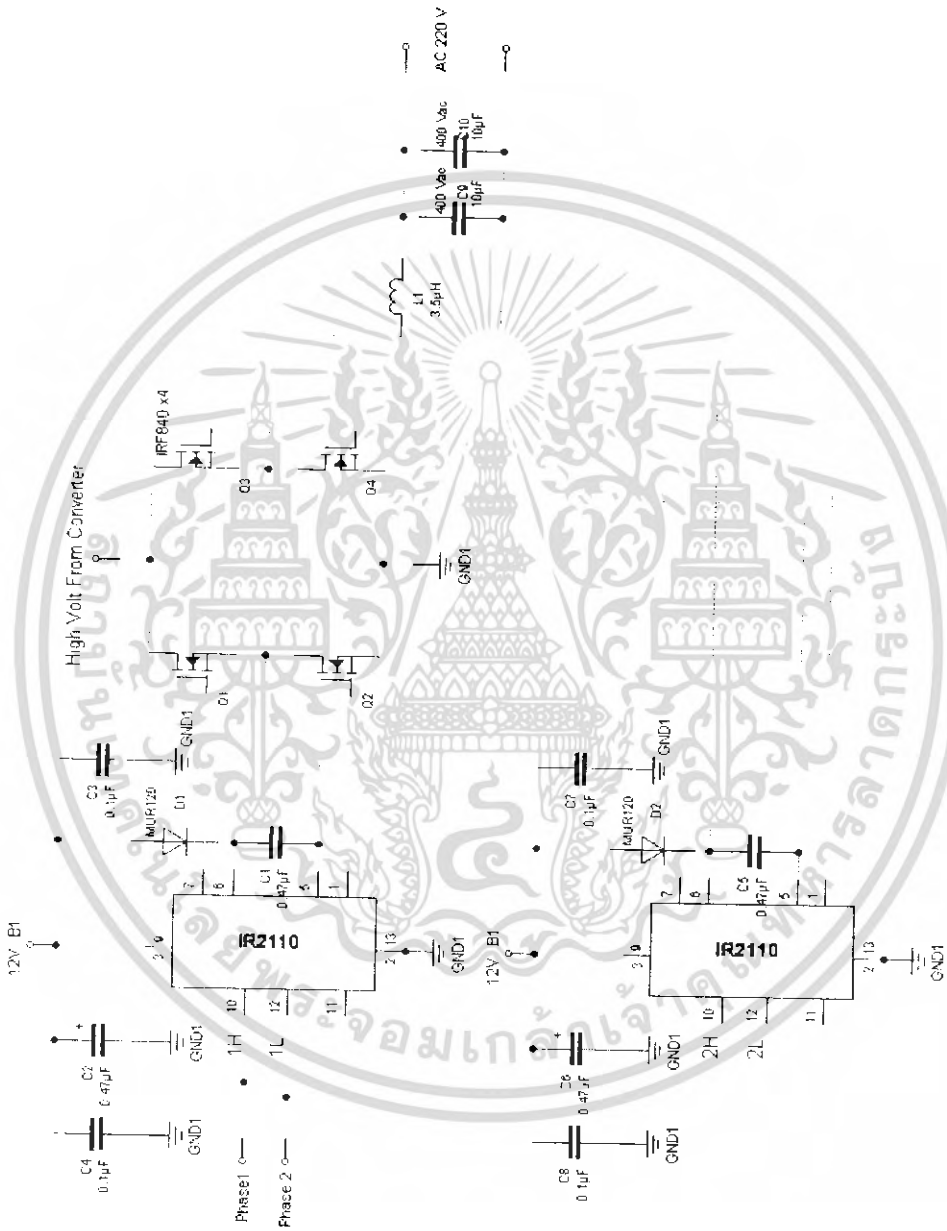



รูปที่ 5.17 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

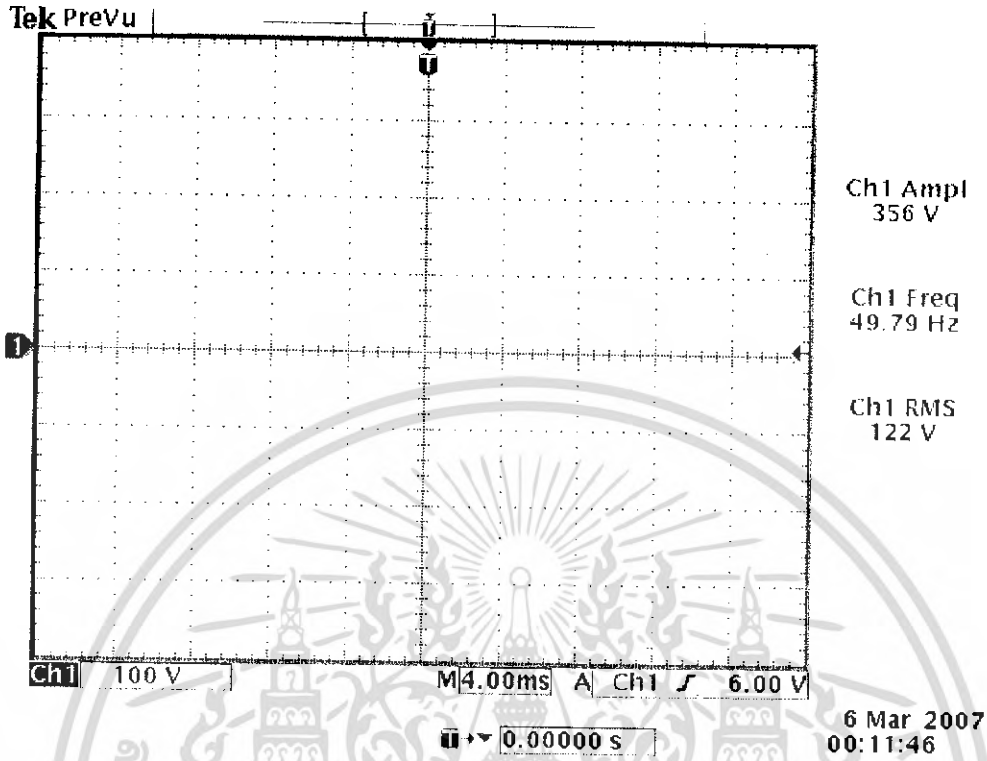
**5.3.2.4** การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ที่รับสัญญาณควบคุมจาก PSoC

ในส่วนนี้ประกอบด้วยวงจรขับเกตและเป็นวงจรแบบฟูลบริดจ์เช่นเดียวกับวงจรคอนเวอร์เตอร์ และมีส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านสำหรับกรองเอาเฉพาะสัญญาณไซน์ 50 เฮิร์ต และในส่วนนี้เราจะใช้ POWER MOSFET แบบแรงดันสูงกระแสต่ำ




รูปที่ 5.18 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.19 สัญญาณที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ขณะต่อโหลด 100 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้