

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องชูบแข็งผิวโลหะอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงแบบเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์
INDUCTION HEATING AND AUTOMATIC MOVING LOAD BY COMPUTER



โดย

1. นาย วรวิทย์ รัตนเสถียร
2. นาย ประยุทธ์ อุกษ์ปาลี
3. นาย พัฒนา จันทร์ใจทอง
4. นาย มงคลชัย ไกรภักดี



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจรรย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่

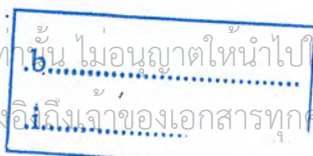
ปีการศึกษา 2545

เลขทะเบียน

49897

วันที่เดือนปี

27 เม.ย. 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือข้อผิดพลาด กรุณาแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชุบแข็งผิวโลหะอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงแบบเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นาย วรุตติ รัตนเสถียร
2. นาย ประยุทธ์ อุกษ์ปาลี
3. นาย พัฒนา อินทรใจทอง
4. นาย มงคลชัย ไกรภักดิ์



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วิริยะ พิเชฐจำเริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุปแข็งผิวโลหะอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงแบบเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์

นำเสนอโดย นาย วรวุฒิ รัตนเสถียร
นาย ประยุทธ์ ฤกษ์ปภาณี
นาย พัฒนา จันทร์ใจทอง
นาย มงคลชัย ไกรภักดี

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วิริยะ พิเชษฐจำเริญ
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

PROJECT นี้นำเสนอเครื่องชุปแข็งผิวโลหะอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงแบบเปลี่ยนชิ้นงานได้อย่างอัตโนมัติโดยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในส่วนเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติให้สูงขึ้น ในส่วนของระบบการเหนี่ยวนำความร้อนจะให้หลักการ VOLTAGE SOURCE INVERTER (VSI) ซึ่งทำการควบคุมชุดอินเวอร์เตอร์จากสัญญาณพัลส์ของชุด TL 494 โดยความถี่ที่ใช้งานอยู่ในช่วง 70 -110 kHz ที่พิกัดกำลังประมาณ 3 กิโลวัตต์ เมื่อชิ้นงานร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ชิ้นงานจะถูกเปลี่ยนออกทันทีและนำชิ้นงานใหม่เข้ามาแทนที่ได้อย่างอัตโนมัติและเที่ยงตรงมากขึ้นด้วยการใช้ค้ำแหน่งของชิ้นงานที่จะถูกชุปแข็งโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์เข้ามาตรวจสอบ ซึ่งใช้ระบบการควบคุมจากชุด COMPUTER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

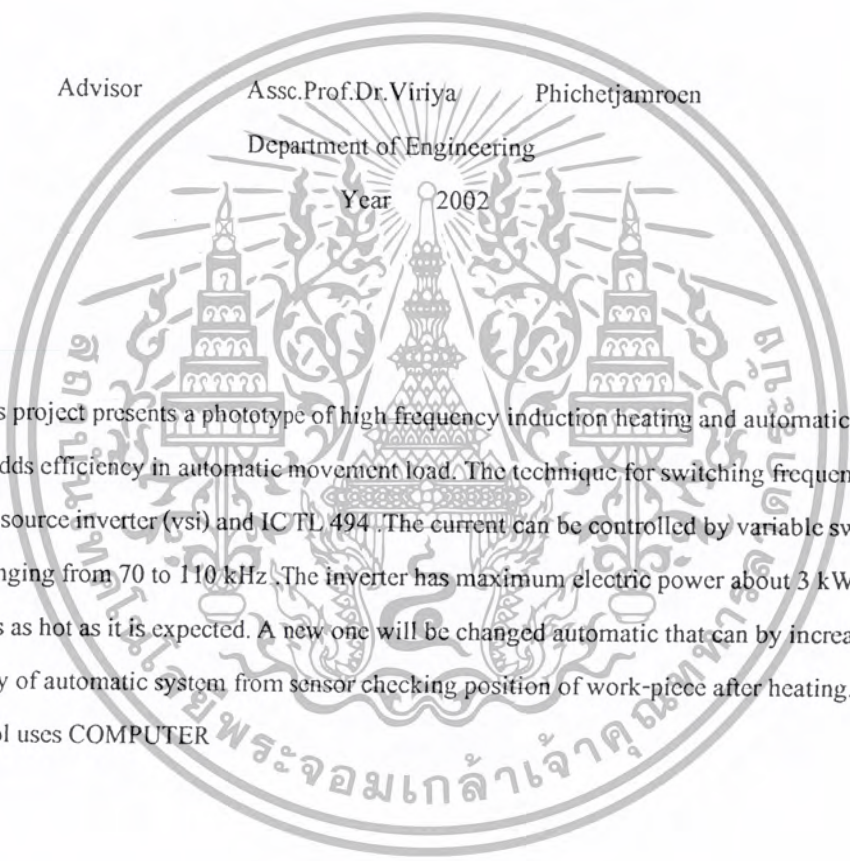
INDUCTION HEATING AND AUTOMATIC MOVING LOAD BY COMPUTER

By Woravut Rattanasatian
 Prayut Rekpranee
 Patana Janjaitong
 Mongkonchai Kripukdee

Advisor Assc.Prof.Dr.Viriya Phichetjamroen
 Department of Engineering
 Year 2002

Abstract

This project presents a phototype of high frequency induction heating and automatic changing workprices adds efficiency in automatic movement load. The technique for switching frequency control uses voltage source inverter (vsi) and IC TL 494 .The current can be controlled by variable switching frequency ranging from 70 to 110 kHz .The inverter has maximum electric power about 3 kW .After the work-piece is as hot as it is expected. A new one will be changed automatic that can by increase rapidly and reliability of automatic system from sensor checking position of work-pieee after heating. There sensor control uses COMPUTER



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่ายเข้าด้วยกัน บุคคลที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วิริยะ พิเชฐจำเริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และพื้นที่ ที่ให้อาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอมอบคุณประโยชน์ของปริญญาฉบับนี้ ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดไป

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำอย่างง่าย | 3 |
| รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงทั่วไป | 4 |
| รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลย์ของขดลวดให้ความร้อน | 4 |
| รูปที่ 2.4 แสดงแผ่นคลื่นใช้งาน | 5 |
| รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแส กับระยะทางจากผิวใช้งาน | 5 |
| รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ระยะใดๆ กับระยะจากผิว | 6 |
| รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง p กับ $(2R)/D$ | 8 |
| รูปที่ 2.8 แผนภาพสมมูลย์เหล็กผสมคาร์บอน | 8 |
| รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกผิวความหนาแน่นกำลังต่อพื้นผิวและระยะเวลาในการให้ความร้อน โดยมีความถี่เป็นพารามิเตอร์ | 9 |
| รูปที่ 2.10 การพล็อตค่า $+jX_L$ และ $-jX_C$ กับความถี่สำหรับวงจรอนุกรม RLC รีโซแนนซ์ | 11 |
| รูปที่ 2.11 แสดงกราฟ อิมพีแดนซ์ กระแส และ มุมเฟสกับความถี่และกระแสที่ไหลเมื่อรีโซแนนซ์ | 12 |
| รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_R , V_L และ V_C กับความถี่ | 13 |
| รูปที่ 2.13 รูปเฟสเซอร์ไออะแกรมของแรงดันในวงจร RLC รีโซแนนซ์ | 13 |
| รูปที่ 2.14 วงจรฟลูบริจซ์รีโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์ | 14 |
| รูปที่ 3.1 การควบคุมลูกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง | 16 |
| รูปที่ 3.2 วงจร รับค่าจาก sensor เพื่อส่งสัญญาณ ไปให้ computer รับรู้ | 16 |
| รูปที่ 3.3 ชุด DRIVE กลับทางหมุนของ MOTOR | 17 |
| รูปที่ 3.4 ระบบวงจรนิวแมติกส์ที่ใช้ | 18 |
| รูปที่ 3.5 ระบบวงจรที่ใช้ ในการควบคุม | 19 |
| รูปที่ 3.6 ส่วนจอภาพของโปรแกรม visual basic | 24 |
| รูปที่ 3.7 ส่วนจอภาพของโปรแกรม C | 39 |
| รูปที่ 4.1 วงจรที่ใช้ในการทดลอง | 78 |
| รูปที่ 4.2 คลื่นที่ได้จากการต่อวงจรของ IC TL 494 ที่ขา 9 เพื่อไปขับขาเกตของ IRF 510 | 79 |
| รูปที่ 4.3 คลื่นที่ได้จากการต่อวงจรของ IC TL 494 ที่ขา 10 เพื่อ ไปขับขาเกตของ IRF 510 | 80 |
| รูปที่ 4.4 คลื่นที่ได้จากการผ่านหม้อแปลง EEL 16 และเชื่อมต่อกับมอสเฟตกำลัง IRFP 460 แต่ยังไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ขาเดรน และขาซอส ของ IRFP 460 | 80 |
| รูปที่ 4.5 คลื่นกระแสและแรงดันเมื่อทำการชูปแข็งผิวโลหะ | 81 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | I |
| ABSTRACT | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญภาพ | IV |
| บทที่1 บทนำ | 1 |
| 1.1 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.2 ที่มาของโครงการนี้ | 2 |
| บทที่2 ทฤษฎีการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ | 3 |
| 2.1 บทนำ | 3 |
| 2.2 การประมาณการเหนี่ยวนำความร้อน | 6 |
| 2.3 กลไกการชุบแข็ง | 8 |
| 2.4 จุดเปลี่ยนสภาพแม่เหล็ก | 10 |
| 2.5 หลักการรีโซแนนซ์ | 10 |
| 2.6 อนุกรมรีโซแนนซ์ (Series-Resonant) | 10 |
| 2.7 แรงดันที่จุกรีโซแนนซ์ | 13 |
| 2.8 พลังงานที่จะส่งผ่านระหว่าง L และ C | 13 |
| 2.9 ซีรีส์รีโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์ (Serie-Resonant Inverter) | 14 |
| 2.10 การทำงานและการทดลองในส่วนการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า | 14 |
| บทที่3 ระบบเครื่องกลและระบบควบคุมเครื่องกล | 15 |
| 3.1 วัตถุประสงค์ที่ต้องการ | 15 |
| 3.2 ส่วนประกอบ | 15 |
| 3.3 อุปกรณ์ทางไฟฟ้า | 15 |
| 3.3.1 sensor | 15 |
| 3.3.2 รีเลย์ | 15 |
| 3.3.3 โซลินอยด์ | 15 |
| 3.3.4 MOTOR DC | 15 |
| 3.4 การควบคุมนิวแมติกด้วยไฟฟ้า (ELECROPNEUMATIC CONTROLS) | 16 |
| 3.5 อุปกรณ์ทางด้านการควบคุม | 16 |
| 3.5.1 คอมพิวเตอร์ | 16 |
| 3.5.2 ชุด ไมโครคอนโทรลเลอร์ | 16 |
| 3.5.3 ชุด DRIVE รับค่าจาก sensor | 16 |

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| 3.5.4 ชุดDRIVE กลับทางหมุนของ MOTOR | 17 |
| 3.5.5 LCD | 17 |
| 3.6 วัสดุอุปกรณ์ของระบบเครื่องกล | 17 |
| หลักการและจังหวะในการเปลี่ยนส่วนชิ้นงาน<Time Chart of Heating> | 20 |
| FLOW CHART ที่ใช้ในการควบคุม | 21 |
| ความรู้พื้นฐานที่ควรรู้ก่อนการเขียนโปรแกรมติดต่อ port ขนาน | 22 |
| ตำแหน่งขาของสัญญาณของพอร์ตเครื่องพิมพ์ | 23 |
| PROGRAM VISUAL BASIC 6 CONTROL | 24 |
| PROGRAM C CONTROL | 39 |
| PROGRAM MICROCONTROLLER CONTROL | 64 |
| บทที่ 4 การทดลอง | 78 |
| การทดลองที่4.1 | 78 |
| ผลการทดลองที่4.1 | 79 |
| ผลการทดลองที่ได้จากการ simulation | 82 |
| บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป | 86 |
| ข้อเสนอในการปรับปรุง | 86 |
| ประโยชน์ที่ได้รับ | 86 |
| เอกสารอ้างอิง | 87 |
| ภาคผนวก | |



บทที่ 1

บทนำ

การเหนี่ยวนำความร้อนที่ผิวเหล็กเป็นการทำงานที่อาศัยหลักการออกแบบทาง POWER ELECTRONIC โดยใช้หลักการทำงานของกระแสและแรงดันที่ความถี่สูงเพื่อให้เกิดกระแสไหลวนรอบชิ้นงาน ทำให้เกิดความร้อนที่บริเวณผิวของชิ้นงาน ดังนั้นจากโครงสร้างการทำงานของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะมีส่วนสำคัญที่ชุดอินเวอร์เตอร์ (INVERTER) ที่จะสามารถจ่ายกำลังความถี่สูงสำหรับการเหนี่ยวนำที่โหลด โดยชุดอินเวอร์เตอร์จะถูกใช้สร้างกระแสความถี่สูง ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนบนชิ้นงานโดยตรง ทำให้มีประสิทธิภาพของกรให้ความร้อนสูงโดยสามารถควบคุมตำแหน่งและลักษณะการให้ความร้อนได้ ซึ่งหลักการที่กล่าวมาได้มีการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขมาตลอด เพื่อให้เครื่องเหนี่ยวนำความร้อนที่ผิวเหล็กมีคุณภาพมากขึ้น และทำให้มีศักยภาพที่มากขึ้นเรื่อยๆต่อไป โดยใช้ความรู้ทางด้าน POWER ELECTRONIC เป็นฐานความรู้ในการพัฒนาต่อไป

จากการพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำมาเรื่อยๆจนสามารถที่จะเปลี่ยนชิ้นงานได้อย่างอัตโนมัติแล้วแต่ยังคงมีปัญหาที่ระบบยังมีความเร็วไม่เพียงพอทำให้ระบบสูญเสียประสิทธิภาพไปโดยเปล่าประโยชน์ อีกทั้งการทำงานของส่วนเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติเดิมยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายจุด ดังนั้นถ้าปรับปรุงในส่วนนี้ได้จะทำให้ได้เครื่องเหนี่ยวนำความร้อนที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นอีก

การเหนี่ยวนำความร้อนที่ผิวโลหะเราพบว่าเป็นการอาศัยการใช้สนามแม่เหล็กในการส่งถ่ายพลังงาน ซึ่งโดยทั่วไปในการส่งถ่ายพลังงานด้วยสนามแม่เหล็กจะมีการสูญเสียที่พบได้คือ การสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และการสูญเสียเนื่องจากฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Loss) ซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อสารที่ใช้สร้างทางเดินแม่เหล็ก การสูญเสียนี้อยู่ในรูปความร้อน ซึ่งโดยปกติการสูญเสียนี้นี้เราไม่ต้องการและพยายามหลีกเลี่ยง แต่ถ้ามองจุดนี้ให้เป็นประโยชน์ก็จะสามารถนำมาใช้ให้ความร้อนกับชิ้นงานได้ โดยการทำให้เกิดความร้อนขึ้นบนแกนเหล็กให้มากที่สุดหรือให้มีการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) สูงสุด จากสมการการสูญเสียในแกนเหล็กที่ประกอบด้วยการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวนกับการสูญเสียเนื่องจากฮิสเทอรีซิส คือ

$$P_c = P_h + P_c \quad (1.1)$$

$$P_c = K_h B_{max}^x + K_c f^2 B_{max}^2 \quad (1.2)$$

จากสมการจะเห็นตัวประกอบ 2 ตัวที่เป็นตัวกำหนดความสูญเสียในแกน คือค่าความถี่ (f)

และค่าของความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B_{max}) ถ้าทั้ง 2 ตัวนี้มีค่ามากก็จะทำให้เกิดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการจะออกแบบยังต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้งานเป็นสำคัญ เพราะที่ความถี่ (f) และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงๆ ต้องคำนึงถึงปรากฏการณ์ผิว (Skin Effect) และพิคของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่นำมาใช้งานเป็นสวิตช์ประกอบกัน

สำหรับตัวเครื่องนี้มีวัตถุประสงค์สำหรับการให้ความร้อนในการชุบแข็งบริเวณผิวเหล็กจึงออกแบบให้สามารถจ่ายความถี่สูง เพื่อจะได้ไม่ต้องใช้กระแสมากในการสร้างความร้อนเป็นการลดพิคกระแสของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

เราพบว่า โดยคุณลักษณะของโหลดที่เป็นขดลวด (L) จะทำให้กระแสล้าหลังแรงดันเกือบ 90° ซึ่งจะทำให้ตัวประกอบกำลัง (Power Factor) มีค่าต่ำ ดังนั้น ในการออกแบบขดลวดจึงต้องใช้ตัวเก็บประจุ (c) ต่อร่วมด้วย เพื่อแก้ค่าตัวประกอบกำลังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ และที่สำคัญระบบต้องเกิดสภาวะรีโซแนนซ์เพื่อจะทำให้มีการส่งถ่ายพลังงานสูงสุดไปยังโหลด แต่อย่างไรก็ตามในขณะที่ให้ความร้อนกับชิ้นงานคุณลักษณะของโหลดเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่เราไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุ (c) ได้ แต่เราสามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ให้เป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ โดยในโปรเจกต์นี้ใช้หลักการควบคุมแบบเล็อนเฟส และควบคุมความถี่ โดยได้จากการตรวจสอบกระแส

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างระบบที่สามารถใช้ในการ Heat ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในงานที่ต้องการให้ความแข็งแรงของผิวเหล็กในระดับความลึกที่ต้องการ ซึ่งระบบนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ:

1.1.1 ระบบที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงาน เพื่อเข้าสู่อุปกรณ์ Heat และปลดชิ้นงานออกเมื่อมีการ Heat เรียบร้อยแล้ว

1.1.2 ระบบที่สามารถจ่ายคลื่นกระแสไฟฟ้าความถี่สูง ในระดับ 1-200 Amp เพื่อสามารถ Heat ชิ้นงานได้ในระยะเวลาสั้น 2-3 นาทีต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน ใช้ความถี่ 70-80 KHZ โดยกระแสที่ใช้ในระหว่างการ Heat จะมีการควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอด

1.2 ที่มาของโครงการนี้

1.2.1 งานวิจัยนี้จะมีประโยชน์มากเนื่องจากสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.2.2 สามารถลดการนำเข้าอุปกรณ์ลักษณะนี้จากต่างประเทศ เป็นการช่วยเศรษฐกิจของชาติได้อีก ช่องทางหนึ่ง

1.2.3 ความสามารถพิเศษของเครื่องนี้คือ สามารถ Heat ชิ้นงานในแต่ละส่วน และเปลี่ยนถ่ายงาน ด้วยระบบ mechanic อัตโนมัติ เพื่อวัตถุประสงค์ในการ Heat ชิ้นงานได้คราวละหลายๆ ด้วยเวลาอันรวดเร็ว

1.2.4 สามารถนำไปผลิตเพื่อใช้งานอุตสาหกรรมได้อย่างแพร่หลายทั้งภายในและ ต่างประเทศ

1.2.5 อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประยุกต์รวมกันหลายๆ ด้านทั้งทางกล ไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ เข้าด้วยกันได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำไปสู่การใช้งานจริงได้เป็นอย่างดี ในวงการอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการผลิตจำหน่ายเองภายในประเทศ หรือส่งออกเพื่อนำเงินตราเข้าประเทศ

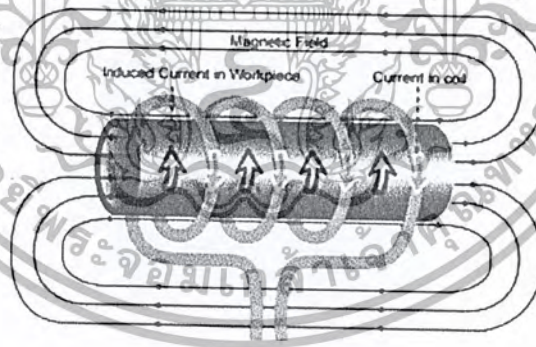
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

2.1 บทนำ

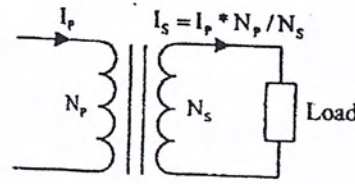
การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ (Induction Heating) เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ทั้งทางไฟฟ้าและทางความร้อนร่วมกัน โดยมีสาเหตุมาจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปรากฏการณ์ผิว (Skin Effect) และการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) จากสาเหตุมูลฐานทั้งสาม สามารถอธิบายการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำโดยย่อได้ดังนี้ เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กที่มีชิ้นงานอยู่ภายใน กระแสไฟฟ้าสลับจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กเคลื่อนผ่านขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก ถ้าชิ้นงานเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กที่เคลื่อนผ่านชิ้นงานจะเหนี่ยวนำให้มีกระแสไหล โดยกระแสส่วนมากจะไหลผ่านชิ้นงานในระดับความลึกผิว (Skin Depth) กระแสที่ไหลวนรอบชิ้นงานเป็นเส้นทางปิด จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่บริเวณผิวของชิ้นงาน ความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับกระแสที่เหนี่ยวนำและความต้านทานสมมูลย์ของเส้นทางที่กระแสไหลผ่าน และความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปบริเวณอื่น โดยการแผ่รังสีที่บริเวณผิว การพาความร้อนและการนำความร้อน



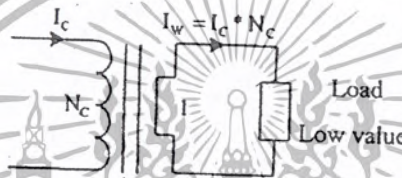
รูปที่ 2.1 การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำอย่างง่าย

รูปที่ 2.1 แสดงการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำอย่างง่าย ถ้าวางชิ้นงานไว้ในขดลวดหรือใกล้กับขดลวด ชิ้นงานนั้นจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนขึ้น พิจารณาทั้งระบบที่เป็นหม้อแปลงหนึ่งชุด ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กจะเป็นเหมือนขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ที่มีจำนวนรอบเท่ากับจำนวนรอบของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก ส่วนชิ้นงานจะเปรียบเสมือนขดทุติยภูมิของหม้อแปลงที่มีจำนวนหนึ่งรอบ และมีโหนดค่ออยู่ในลักษณะเกือบตั้งวงจร เพราะความต้านทานสมมูลย์ของโลหะที่เป็นชิ้นงานจะมีค่าค่อนข้างต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงทั่วไป



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลย์ของขดลวดให้ความร้อน

รูปที่ 2.2 แสดงวงจรสมมูลย์ของหม้อแปลงโดยทั่วไป ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงวงจรสมมูลย์ของขดลวดเหนี่ยวนำ และชิ้นงานจะเห็นว่าถ้า I_c เป็นกระแสที่ไหลในขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กส่วน I_w เป็นกระแสที่ไหลในชิ้นงาน กระแสทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$I_w = N_c I_c \tag{2.1}$$

โดยที่ N_c คือจำนวนรอบของขดลวดเหนี่ยวนำ
กำลังสูญเสียเป็นความร้อนในชิ้นงานมีค่าเท่ากับ

$$P_w = N_c^2 I_c^2 R_w \tag{2.2}$$

โดยที่ R_w คือ ความต้านทานสมมูลย์ของชิ้นงาน

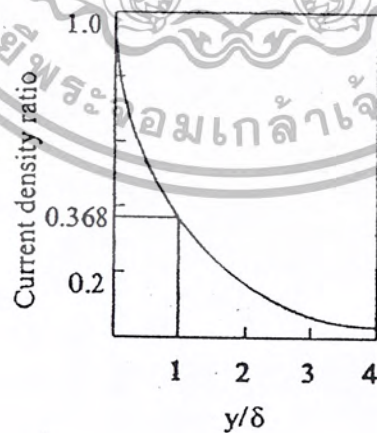
รูปที่ 2.1 แสดงทิศทางการไหลของกระแสในชิ้นงาน จากปรากฏการณ์ผิว ถ้าพิจารณาว่ากระแสโดยส่วนมากไหลอยู่ในระดับความลึกผิว จะสามารถหาความต้านทานสมมูลย์ของชิ้นงานได้ดังรูปที่ 3 เมื่อทำการคลี่ชิ้นงานออกความต้านทานของชิ้นงานจะมีค่า

$$R_w = 2\pi r \rho / \delta I_w \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยที่ ρ คือ สภาพความต้านทานจำเพาะของชิ้นงาน
 δ คือ ความลึกผิว $= \sqrt{(\rho/\mu\pi f)} = \sqrt{(2\rho/\mu\omega)}$
 μ คือ ค่าความซึมซาบของชิ้นงานและ r, ω คือ ค่าความถี่
 R คือ รัศมีของชิ้นงาน
 I_w คือ ความยาวของชิ้นงานซึ่งเท่ากับ ความสูงของขดลวดเหนี่ยวนำ

จากสมการที่ (2.3) ความต้านทานสมมูลจะมีความสัมพันธ์กับ สภาพความต้านทานความลึกผิว และลักษณะทางเรขาคณิตของชิ้นงานด้วย



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแส กับระยะทางจากผิวชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแส กับระยะทางจากผิวของชิ้นงาน เนื่องจากปรากฏการณ์ผิว จึงทำให้ความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับระยะทางจากผิวเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ที่ระดับความลึกผิว ความหนาแน่นของกระแสจะมีค่าเพียง 0.368 เท่าของความหนาแน่นของกระแสที่ผิวชิ้นงาน จึงประมาณว่ากระแสโดยส่วนมากจะไหลอยู่ในระดับความลึกผิวนี้

ถ้าพิจารณาการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะพบว่า ไม่มีการใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกแต่ใช้ชิ้นงานเป็นแหล่งความร้อนของตนเอง อีกทั้งชิ้นงานยังไม่จำเป็นที่จะสัมผัสกับขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก การให้ความร้อนในลักษณะนี้จึงสามารถทำได้สะดวกนอกจากนี้ยังสามารถทำให้เกิดความร้อนในเฉพาะบริเวณที่ต้องการ อีกทั้งยังสามารถควบคุมระยะเวลาในการให้ความร้อนได้ ถ้าเป็นงานลักษณะชุบแข็งที่ผิวยังสามารถเลือกระดับความลึกผิวที่ต้องการชุบแข็งได้ โดยเลือกความถี่ที่ใช้งานให้เหมาะสมกับความถี่ที่ต้องการ

2.2 การประมาณการเหนี่ยวนำความร้อน

จาก $\delta = \sqrt{\rho/\mu\pi f}$ (2.4)

- โดยที่
- δ คือ ค่าความลึกผิว
 - ρ คือ ค่าความต้านทานจำเพาะ
 - μ คือ ค่าความซึมซาบของชิ้นงาน
 - f คือ ค่าความถี่ที่ใช้งาน

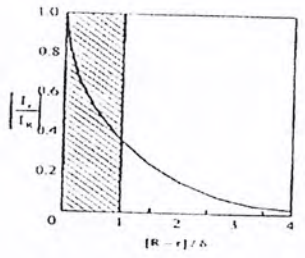
สำหรับชิ้นงานที่เป็นแท่งโลหะทรงกระบอกรัศมี R ให้

- I_R คือ ค่ากระแสที่ผิวชิ้นงาน
- I_r คือ ค่ากระแสที่ระยะรัศมีใด ๆ จากจุดศูนย์กลาง

ในกรณีที่สมมติว่า R ใหญ่กว่า δ มากๆ แล้ว ความสัมพันธ์ระหว่าง I_R กับ I_r จะเป็นดังนี้

$I_r = I_R \exp[-(R-r)/\delta]$ (2.5)

ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ระยะใดๆ กับระยะจากผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสที่ไหลในชิ้นงานได้จากการอินทิเกรต กระแสที่รัศมีใด ๆ กับความลึก กระแสที่ได้จะมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟดังรูปที่ 2.6 แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับพื้นที่ที่แรเงากว่าอีกนัยหนึ่งได้ว่าถึงแม้ว่ากระแสที่ไหลในชิ้นงานมีความสัมพันธ์กับระยะทางเป็นเอกซ์โพเนนเชียลแต่เหมือนกับว่ามีกระแสคงที่ขนาด I_R ไหลอยู่ที่ผิวชิ้นงานในระดับความลึกผิว ถ้าชิ้นงานมีความยาว L_w แล้วมีความต้านทานสมมูลย์ที่กระแสดังที่ขนาด I_R ไหลผ่านจะมีค่า

$$R_w = 2\pi R\rho/\delta I_w \quad (2.6)$$

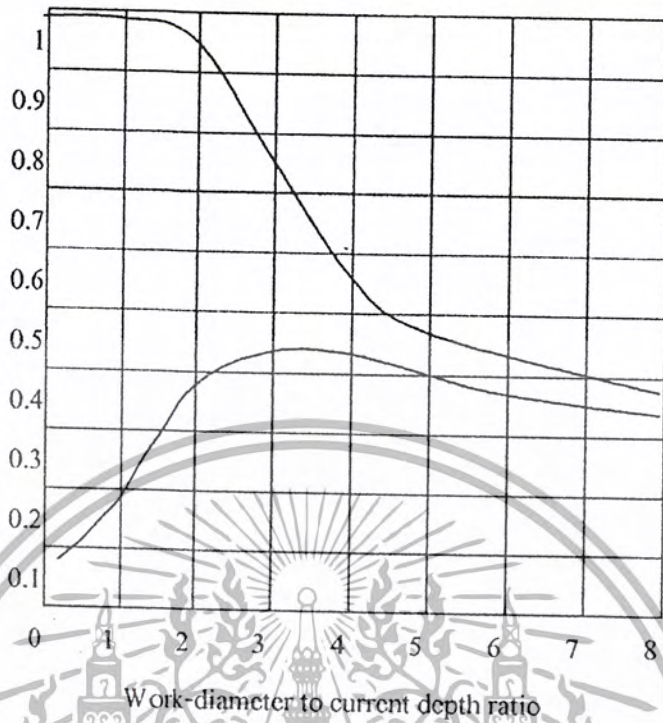
ถ้าขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กมีจำนวนรอบเท่ากับ N_c และมีกระแสไหลผ่านขดลวดเป็น I_c และมีกระแสไหลผ่านชิ้นงาน $N_c I_c$ กำลังปรากฏที่ชิ้นงานจะมีค่า

$$P_w = (2\pi R\rho/\delta I_w) N_c^2 I_c^2 \quad (2.7)$$

ในกรณีที่ R ไม่ได้มากกว่า δ มากๆ แล้วจากทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสรุปได้ว่า

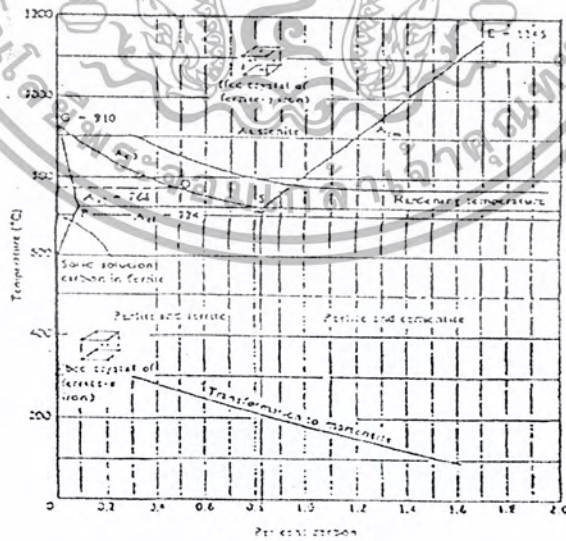
$$P_w = \mu\pi H^2 R_{\text{eff}}^2 A_w P \quad (2.8)$$

ซึ่ง P เป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับ $(2R)/\delta$ โดยมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.7 ในการคำนวณกำลังความร้อนที่เกิดขึ้นที่ชิ้นงานกำลังที่ได้จะขึ้นอยู่กับ ค่าความถี่ที่ใช้งาน ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและคุณสมบัติของชิ้นงาน ซึ่งหมายถึงขนาดและรูปร่าง รวมทั้งค่าความต้านทานจำเพาะและค่าความซึมซาบของชิ้นงาน เนื่องจากค่าความต้านทานจำเพาะและค่าความซึมซาบมีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ชิ้นงาน ซึ่งมีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ชิ้นงานด้วย



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง p กับ $(2R)/D$

2.3 กลไกการชุบแข็ง



รูปที่ 2.8 แผนภาพสมดุลเหล็กผสมคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 ถ้าทำให้เหล็กผสมคาร์บอนมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงเส้น AC3 เหล็กที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นสารที่เรียกว่า Austenite มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็กถ้าทำให้เหล็กนี้ค่อย ๆ เย็นลง โครงสร้างเหล็กจะกลับคืนสู่สถานะเดิมเหมือนช่วงก่อนที่จะถูกทำให้ร้อน แต่ถ้าทำให้เหล็กมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงเส้น AC3 แล้วทำให้เย็นลงโดยฉับพลันโดยทำให้อุณหภูมิของเหล็กประมาณ 200 - 300 องศาเซลเซียส เหล็กที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใหม่ที่เรียกว่า Martensite โดยจะไม่มี Ferrite กับ Pearlite ในขณะที่เกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว คาร์บอนที่เป็นส่วนผสมจะแยกตัวออกมาอย่างรวดเร็ว และเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ที่เรียกว่า Martensite โครงสร้างดังกล่าวจะมีความแข็งเป็นพิเศษ ทำให้เหล็กมีความแข็งแรงมากขึ้น ถ้าส่วนผสมของคาร์บอนมีมากขึ้น 0.8 - 1.7 เปอร์เซ็นต์ แล้วเหล็กที่ได้จะมีความแข็งเพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาทำให้เหล็กมีอุณหภูมิสูงถึงเส้น AC3 หรือ จุดอิมิตัว แล้วทำให้เหล็กเย็น

ในทางปฏิบัติในการชุบแข็งเหล็กจะทำให้อุณหภูมิของเหล็กผสมคาร์บอนสูงขึ้น ไปถึง Hardening Temperature ถ้าเหล็กที่ใช้มีส่วนผสมคาร์บอนที่น้อยกว่า 0.83% อุณหภูมิที่ใช้จะสูงกว่าอุณหภูมิอิมิตัวประมาณ 10 - 60 องศา แต่ถ้าเหล็กที่ใช้มีส่วนผสมของคาร์บอนมากกว่า 0.83% แล้วอุณหภูมิจะต่ำกว่าจุดอิมิตัว ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกผิวความหนาแน่นกำลังต่อพื้นผิวและระยะเวลาในการให้ความร้อน โดยมีความถี่เป็นพารามิเตอร์

ในการชุบแข็ง ถ้าเราไม่สามารถทำให้ชิ้นงานเย็นลง ได้อย่างฉับพลันชิ้นงานที่ได้จะเหมือนกับไม้ ผ่านขบวนการชุบแข็ง โดยทั่วไปอัตราในการทำงานเย็นตัวลงจะค่อนข้างสำคัญ ถ้าส่วนผสมที่เป็น

เอกสารนี้ได้รับอนุมัติปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็วในการทำให้เย็นตัวลงจะมีค่าลดลงนอกจากนี้สารมีส่วนประกอบไม่วากรัมใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นโลหะอื่น เช่น โมลิบดีนัม โครเมียม แมงกานีส และนิกเกิล อัตราในการทำให้สารนั้นเย็นตัวลงจะมีค่าลดลงจากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า อัตราการให้ความร้อนควรจะรวดเร็วเพื่อที่จะสามารถทำให้ชิ้นงานถึงอุณหภูมิในการชุบแข็งอย่างรวดเร็ว ผิวของชิ้นงานเย็นตัวลงควรจะรวดเร็วมีประสิทธิภาพ

2.4 จุดเปลี่ยนสภาพแม่เหล็ก

ค่าอุณหภูมิวิกฤต (Critical temperature) เหล่านี้เรียกว่า จุดคูรี เป็นจุดที่ค่าความนำแม่เหล็กจำเพาะของโลหะลดลงอย่างรวดเร็วเป็น 1 ทำให้ตัวมันทำหน้าที่เป็นแกนอากาศของสนามแม่เหล็กและพบว่าโมลิบดีนัม และ ซิลิกอน จะเป็นตัวผสมช่วยทำให้อุณหภูมิที่จุดคูรีมีค่าสูงขึ้นได้ ในขณะที่แมงกานีส และ นิกเกิลจะลดค่าอุณหภูมิที่จุดคูรี

| ชนิดโลหะ | อุณหภูมิ (° F) |
|-----------------|----------------|
| เหล็ก | 1420 |
| โคบอลต์ | 2105 |
| นิกเกิล | 680 |
| เหล็กผสมนิกเกิล | 160 |
| โลหะผสมต่างๆ | 1020 |

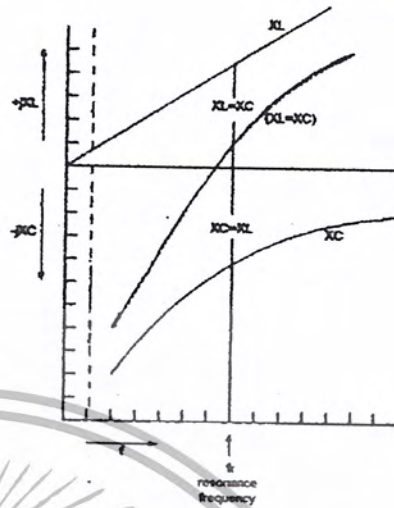
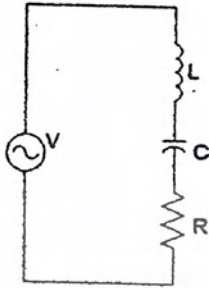
2.5 หลักการรีโซแนนซ์

เมื่อเราปรับความถี่ที่ป้อนให้กับวงจรอนุกรม RLC จะพบว่าที่ความถี่ค่าหนึ่ง ค่า X_L จะเท่ากับ X_C เป็นผลให้ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ของวงจร RLC มีค่าต่ำที่สุด นั่นคือ $Z = R$ ในสถานะเช่นนี้เราเรียกว่าอยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์ค่าความถี่ที่เกิดขึ้นนี้เราเรียกว่า ความถี่รีโซแนนซ์ (Resonant Frequency) เนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำสุด กระแสที่ไหลในวงจรจึงมีค่ามากที่สุดและเป็นผลให้แรงดันตกคร่อม L และ C มีค่าเพิ่มขึ้น

2.6 อนุกรมรีโซแนนซ์ (Series – Resonant)

ผลของความถี่ที่มีอิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรม RLC แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งมีรูปร่างดังนี้

$$Z = R + j(X_L - X_C) \quad (2.9)$$



ก) วงจรอนุกรม RLC

ข) X_L, X_C เมื่อพล็อตกับความถี่

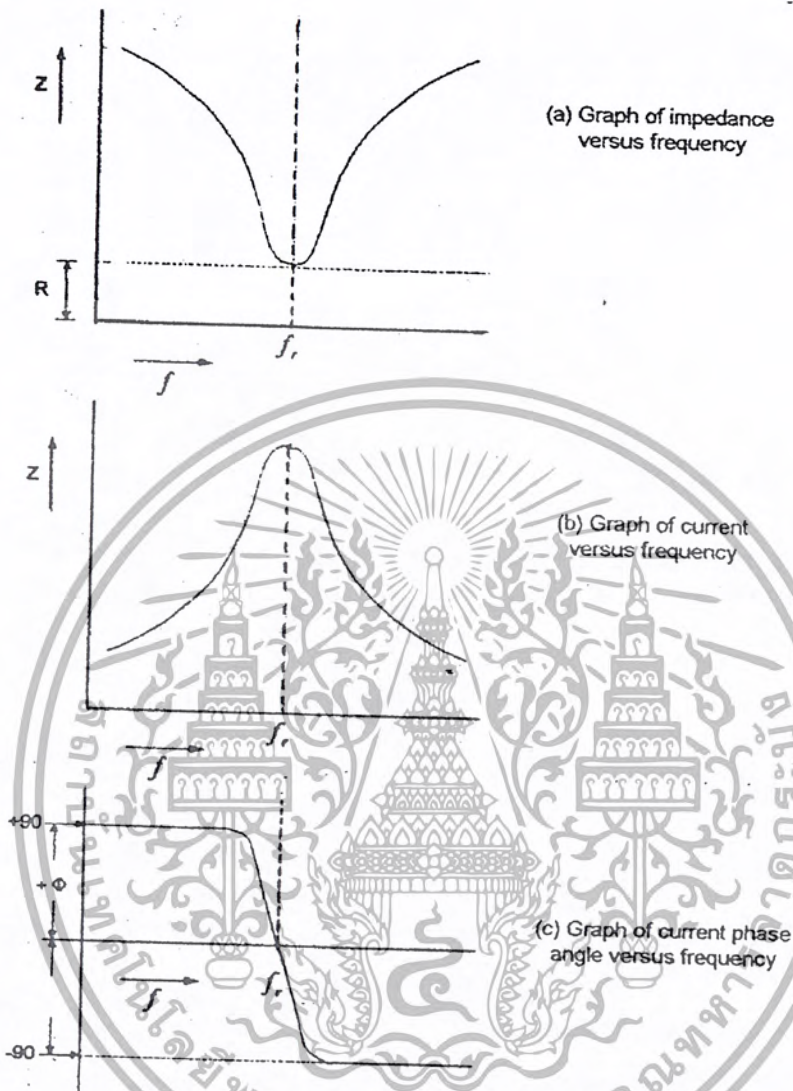
รูปที่ 2.10 การพล็อตค่า $+jX_L$ และ $-jX_C$ กับความถี่สำหรับวงจรอนุกรม RLC รีโซแนนซ์

เนื่องจากค่า $X_L = 2\pi fL$ และ $X_C = 1/(2\pi fC)$ ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์จึงขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.10 ข) จะพบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า X_L เพิ่มขึ้นอย่างเส้นเชิงเส้น (Linear) ในทางกลับกัน X_C จะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น แต่ค่า X_C จะไม่มีทางเท่ากับศูนย์ ผลรวมของรีแอกแตนซ์คือ $X_L - X_C$ ดังแสดงไว้เป็นเส้นประในกราฟของรูปที่ 2.10 ข) ที่ความถี่ต่ำ ค่า X_L จะมีค่าน้อยกว่าค่า X_C ดังนั้นผลรวมของรีแอกแตนซ์จะเป็นค่าของ X_C ที่ความถี่สูง $X_L = X_C$ คือค่าที่ความถี่รีโซแนนซ์

$$Z = R + j(0) \tag{2.10}$$

$$Z = R$$

เมื่อ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ นำมาเขียนเป็นกราฟที่แปรผันตามความถี่จะได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงกราฟ อิมพีแดนซ์ กระแส และ มุมเฟสกับความถี่และกระแสที่ไหลเมื่อรีโซแนนซ์ ($X_L = X_C$)

จากรูป 2.11 จะพบว่ากราฟจะมีค่าต่ำเมื่อความถี่ในวงจร ไม่อยู่ที่จุดรีโซแนนซ์ที่ความถี่รีโซแนนซ์

$$X_L = 2\pi fL \tag{2.11}$$

$$X_C = 1/(2\pi fC) \tag{2.12}$$

$$2\pi fL = 1/(2\pi fC) \tag{2.13}$$

โดย L มีหน่วยเป็นแฮนรี่ (Henrys)

C มีหน่วยเป็นฟารัด (Farads)

f มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

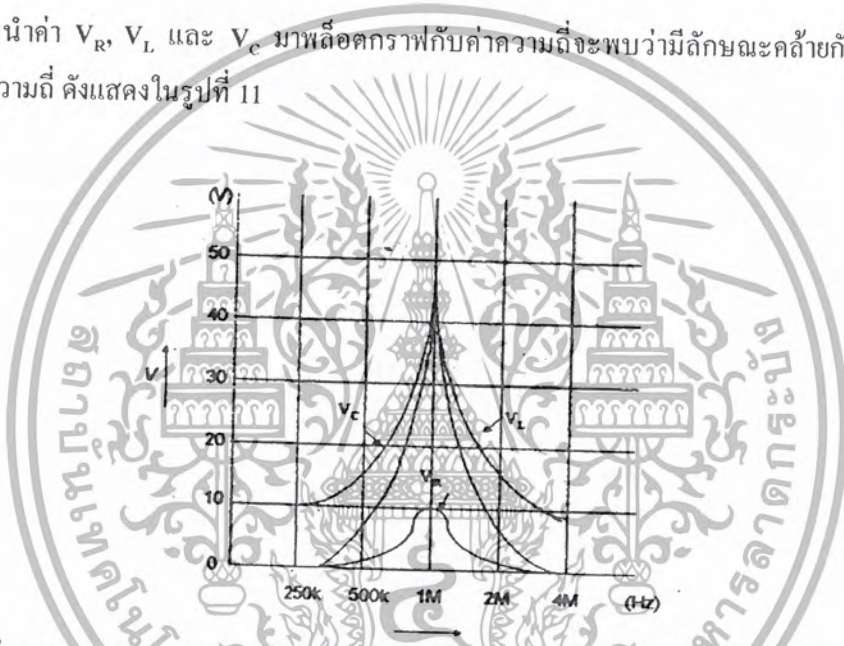
2.7 แรงดันที่จุกรีโซแนนซ์

แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร RLC (ดังรูปที่ 2.10 ก) จะมีค่าเท่ากับ $I \times R$ และที่จุกรีโซแนนซ์แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่าย ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าดังนี้

$$V_C = I.X_C \tag{2.14}$$

$$V_L = I.X_L \tag{2.15}$$

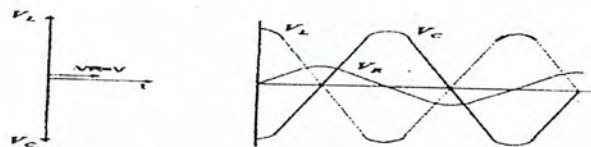
เมื่อนำค่า V_R , V_L และ V_C มาพล็อตกราฟกับค่าความถี่จะพบว่า มีลักษณะคล้ายกับกราฟของกระแส กับค่าความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_R , V_L และ V_C กับความถี่

2.8 พลังงานที่ส่งผ่านระหว่าง L และ C

เมื่อเรานำรูปคลื่นของ V_R , V_L และ V_C ที่จุกรีโซแนนซ์มาพล็อตดังรูปที่ 2.13ก) จะพบว่า V_L จะกลับเฟส 180 องศา ส่วน V_R จะมีค่ามากที่สุดเมื่อ V_L และ V_C มีค่าเท่ากับศูนย์ จากที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าจะมีการส่งผ่านพลังงานระหว่าง L กับ C กลับไปมา เมื่ออยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์อย่างไรก็ตามที่จุกรีโซแนนซ์จะไม่มีกระแสพลังงาน



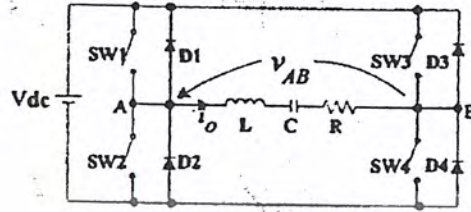
ก) รูปเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RLC รีโซแนนซ์

ข) รูปคลื่นแรงดัน V_R , V_L และ V_C ที่จุกรีโซแนนซ์

รูปที่ 2.13 รูปเฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงดันในวงจร RLC รีโซแนนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ซีรีส์รีโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์ (Series – Resonant Inverter)



รูปที่ 2.14 วงจรฟลูบริดจ์ซีรีส์รีโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์

วงจรฟลูบริดจ์ซีรีส์รีโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Series-Resonant Inverter) ดังรูปที่ 13 การทำงานที่สถานะรีโซแนนซ์นั้นคือสถานะที่ค่า $X_L = X_C$ ซึ่งจะทำให้พิจารณาเสมือนโหลดความต้านทาน โดยส่วนของคาปาซิเตอร์และอินดักเตอร์จะไม่ถูกนำมาพิจารณาทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามี่ค่าสูงสุดโดยส่วนของ L – C จะทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ (Filter) ให้ผ่านเฉพาะความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) โดยความถี่ในการสวิตช์จะถูกกำหนดโดยความถี่รีโซแนนซ์ (f_0) แต่ในทางปฏิบัติ อุกรณ์ที่นำมาใช้เป็นสวิตช์นั้นคือเพาเวอร์มอสเฟตจะมีค่าคาปาซิแตนซ์อยู่ภายในดังนั้นการกำหนดความถี่ในการสวิตช์ควรกำหนดให้สูงกว่าความถี่รีโซแนนซ์เล็กน้อย

2.10 การทำงานและการทดลองในส่วนการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า

- ต่อชุดให้กำเนิดสัญญาณของ IC TL 494
- ต่อชุดทำงานของมอสเฟตกำลัง
- ต่อชุด RLC รีโซแนนซ์ที่ใช้สำหรับการชูน้แรงสวิตช์
- เชื่อมต่อการทำงานของชุดทำงานต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยยังไม่คำนึงถึงส่วนของระบบควบคุมป้อนกลับเพื่อสังเกตพฤติกรรมของรูปคลื่นที่จุดต่าง ๆ ในวงจร
- บันทึกรูปคลื่นที่ควรทราบเพื่อกำหนดรูปแบบของระบบควบคุมป้อนกลับ

บทที่ 3

ระบบเครื่องกลและระบบควบคุมเครื่องกล

(MECHANICAL)

3.1.วัตถุประสงค์ที่ต้องการ

เพิ่มความสามารถพิเศษ สามารถ Heat ชิ้นงานในแต่ละส่วน และเปลี่ยนถ่ายชิ้นงาน ด้วยระบบ mechanic อัตโนมัติ เพื่อวัตถุประสงค์ในการHeatชิ้นงาน ได้คราวละหลายๆ ด้วยเวลาอันรวดเร็ว และอุปกรณ์ชนิดนี้เป็นการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆมาประยุกต์รวมกันหลายๆด้านทั้งทางกลทางไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ เข้าด้วยกันได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำไปสู่การใช้งานจริงได้เป็นอย่างดีในวงการอุตสาหกรรม

3.2.ส่วนประกอบ

จะมีแท่งเหล็กอยู่บนจาน 2 แท่ง และมีมอเตอร์ขับสายพานขับเคลื่อนเพื่อองศา มี sensor ตรวจจับตำแหน่ง นอกจากนี้มีชุดปั๊มลมและลูกสูบ ส่วนประกอบหลักคือคอมพิวเตอร์

3.3.อุปกรณ์ทางไฟฟ้า

3.3.1 sensor เป็นตัวรับส่งสัญญาณ จะมี LED เปล่งแสงออกมาและมีตัวรับแสงอยู่ด้านในตัวมันจะไวต่อแสงสีอ่อน เช่น สีขาว ระยะในการสะท้อน ประมาณ 1cm

3.3.2 รีเลย์(RELAY) รีเลย์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทางกลสำหรับวงจรไฟฟ้าโดยใช้รีเลย์เป็นส่วนสำคัญของระบบควบคุมที่ใช้กันทั่วไปเพราะสามารถใช้ควบคุมอุปกรณ์แรงดันสูง และอุปกรณ์กระแสที่มีแรงดันต่ำตลอดจนควบคุมสัญญาณไฟฟ้าเมื่อกระแสไหลผ่านแม่เหล็กไฟฟ้าในรีเลย์ควบคุมไฟฟ้าเชิงกลสนามแม่เหล็กจะดูดแกนเหล็ก ของอาร์มเจอร์รี่ไปสัมผัสกับแกนของแม่เหล็กทำให้รีเลย์ทำงาน รีเลย์อาจมี NO หรือ NC หรือมีทั้งสองแบบ

3.3.3 โซลินอยด์ โซลินอยด์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า เป็นการเคลื่อนที่ในเชิงกลแบบเชิงเส้น โซลินอยด์เป็นขดลวดที่มีแกนเหล็กเคลื่อนที่ได้ เมื่อขดลวดได้รับการกระตุ้นแกนหรืออาร์มเจอร์รี่จะถูกดึงเข้าไปในขดลวดแรงดันหรือแรงผลักที่เกิดขึ้น ในขดลวด โซลินอยด์มีค่าขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดหรือกระแสที่ไหลในขดลวด

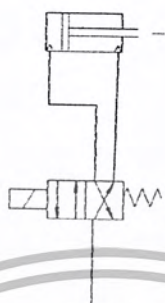
กระแสไหลในขดลวดเป็นกระแสตรง มีค่ามากขึ้นอยู่กับความต้านทานของขดลวดถ้าส่วนกลไกเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงจะต้องมีค่ามากฉะนั้นจะต้องใช้ขดลวดขนาดเล็กซึ่งมีแรงดันบางส่วนถ้าขดลวดโซลินอยด์ขนาดใหญ่จะต้องแบ่งออกเป็นสองส่วนซึ่งสวิตช์ จะตัดการทำงานเมื่อกลไกที่เคลื่อนที่เพิ่งจะอยู่กับที่ และสวิตช์จะเปิดวงจรบางส่วนของวงจรแกนเหล็กทำจากเหล็กอ่อนที่มีค่า reactance ค่ากรณิโซลินอยด์กระแสตรงซึ่งใช้แกนเป็นของแข็งทั้งนี้เพราะว่ากระแสไหลผ่านในทิศทางเดียวอย่างต่อเนื่อง ค่าคงที่เวลาของโซลินอยด์กระแสตรงเนื่องจากค่าอินดักแตนซ์ของขดลวดจะทำให้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กช้าลงกว่ากรณิโซลินอยด์กระแสสลับ

3.3.4 MOTOR DC จ่ายไฟเข้าไปจะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้มอเตอร์หมุน ในโปรเจกต์นี้ปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารปรับปรุงเอกสารนี้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.การควบคุมนิวแมติกด้วยไฟฟ้า(ELECPNEUMATIC CONTROLS)

การควบคุมนิวแมติกส์โดยใช้ไฟฟ้า คือการควบคุมวาล์วต่างๆ โดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่3.1 การควบคุมวาล์วชนิดทำงานสองทิศทาง

3.5.อุปกรณ์ทางด้านการควบคุม

3.5.1 คอมพิวเตอร์

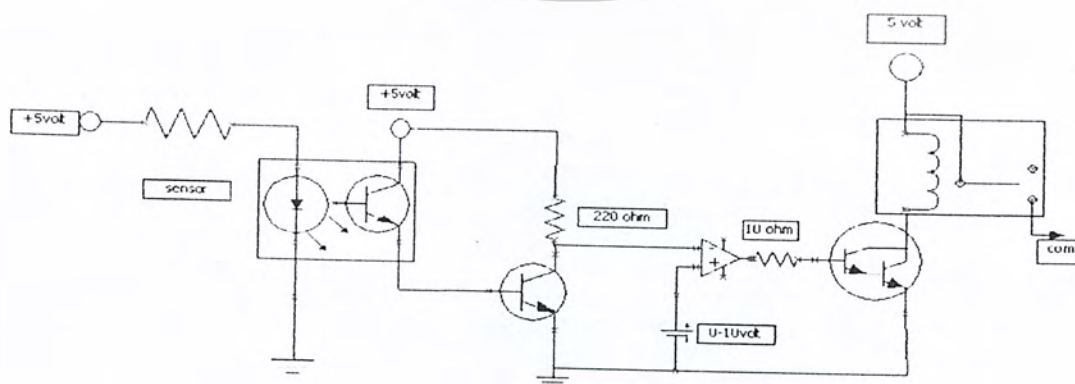
เรานำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนไหวชิ้นส่วนต่างๆด้วยโปรแกรม Visual Basic6 และภาษา c ผ่าน port ขนาน

3.5.2 ชุด Microcontroller

นำไมโครคอนโทรลเลอร์ HEAT ที่ทำงาน และนับจำนวนชิ้นงานที่มีกร heat ไปแล้ว

3.5.3 ชุด DRIVE รับค่าจาก sensor

รับค่าจาก SENSOR จำให้กับชุด drive relay แล้วไปปรับเทียบที่ opamp วงจร comparator แล้วนำ output จาก opamp ไปdrive transistor ขับrelay แล้วก็ส่งสัญญาณไปให้ computer ดังรูปที่ 3.2

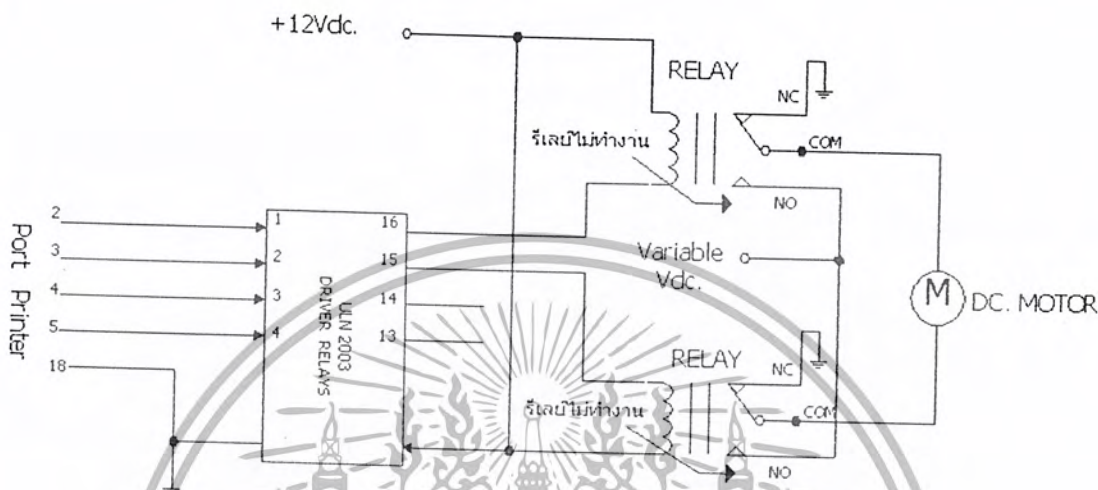


รูปที่3.2 วงจร รับค่าจาก sensor เพื่อส่งสัญญาณ ไปให้computer. รับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ชุด DRIVE กลับทางหมุนของ MOTOR

รับค่ามาจาก computer นำมาเข้าที่ ULN 2003 แล้วก็นำสัญญาณไป DRIVE RELAY เพื่อใช้ในการกลับทางหมุน MOTOR



รูปที่ 3.3 ชุด DRIVE กลับทางหมุนของ MOTOR

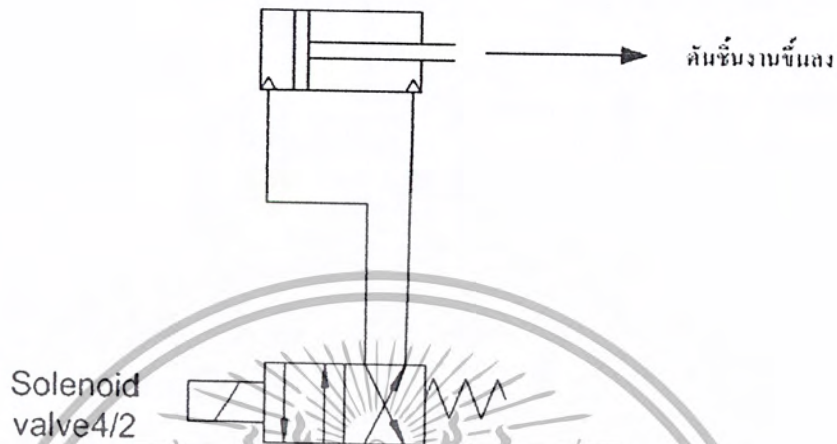
3.5.5 LCD

คือ ข้อแสดงผลที่จะต่อกับตัว microcontroller เพื่อแสดงผลจำนวนชิ้นงานและการชูปแข็งเหล็ก

3.6. วัสดุอุปกรณ์ของระบบเครื่องกล

- 3.6.1 PUMP AIR 5 BAR เป็นตัวช่วยลม
- 3.6.2 SOLIN OIL VALVE ตัวควบคุมอุณหภูมิ
- 3.6.3 F.R. UNIT (FILTER) กรองสิ่งเจือปน
- 3.6.4 CYLINDER สำหรับดันชิ้นงาน
- 3.6.5 ชุดสายพาน คอยขับเคลื่อนงานหมุน

ระบบวงจรนิวแมติกส์ที่ใช้



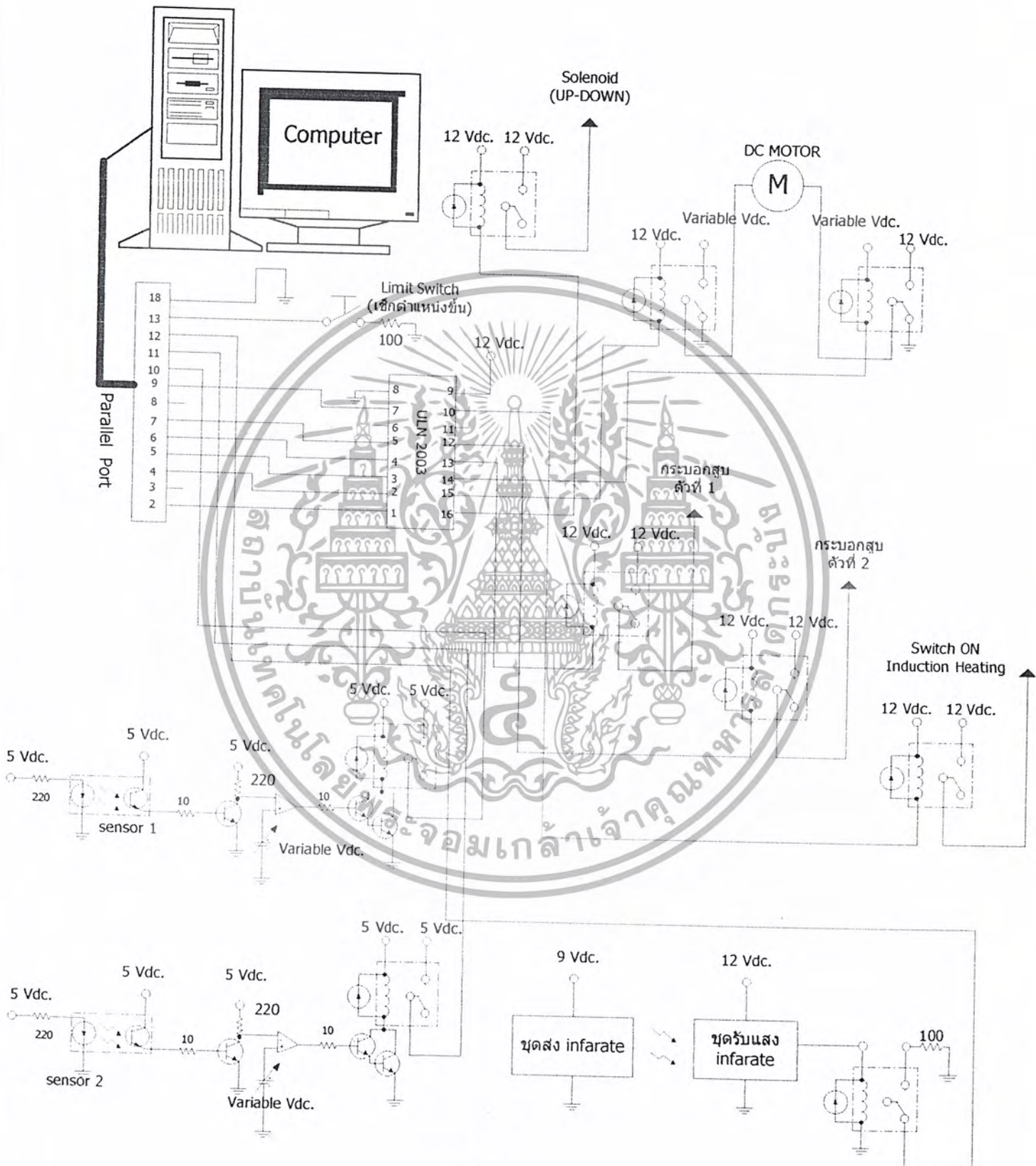
เราจะใช้วาล์ว 2 ทิศทางเพื่อให้ลูกสูบขึ้นและลงได้ไวขึ้น ในระบบจะมีแหล่งจ่ายลมคือปั๊มลม และมีหม้อกรองอากาศเพื่อกรองไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปในระบบ

เราจะมีระบบนี้ทั้งหมด 3 ชุดคือ

- 1.ชุดคันลูกสูบขึ้นลง
- 2.ชุดปล่อยชิ้นงานที่ 1
- 3.ชุดปล่อยชิ้นงานที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมทั้งหมด



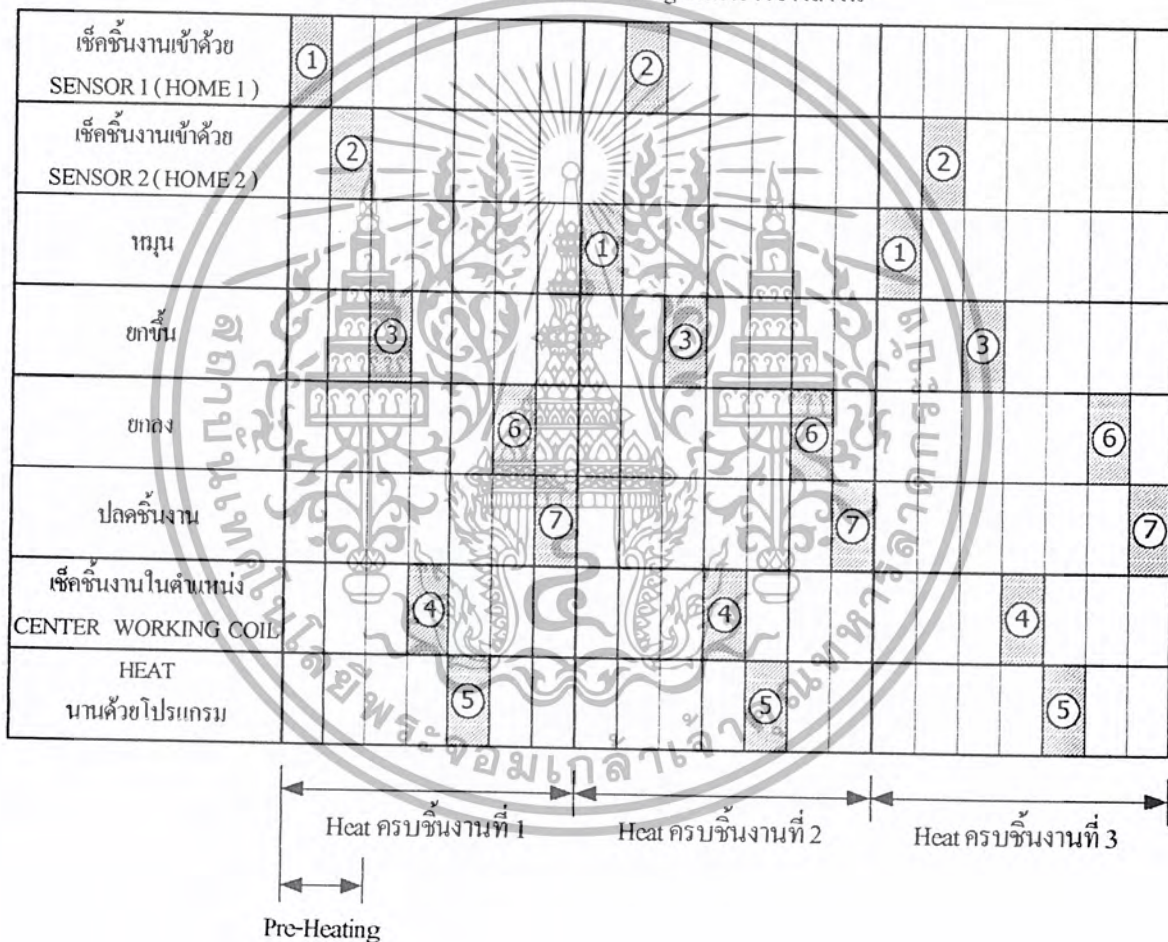
รูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการและจังหวะในการส่งเปลี่ยนชิ้นงาน

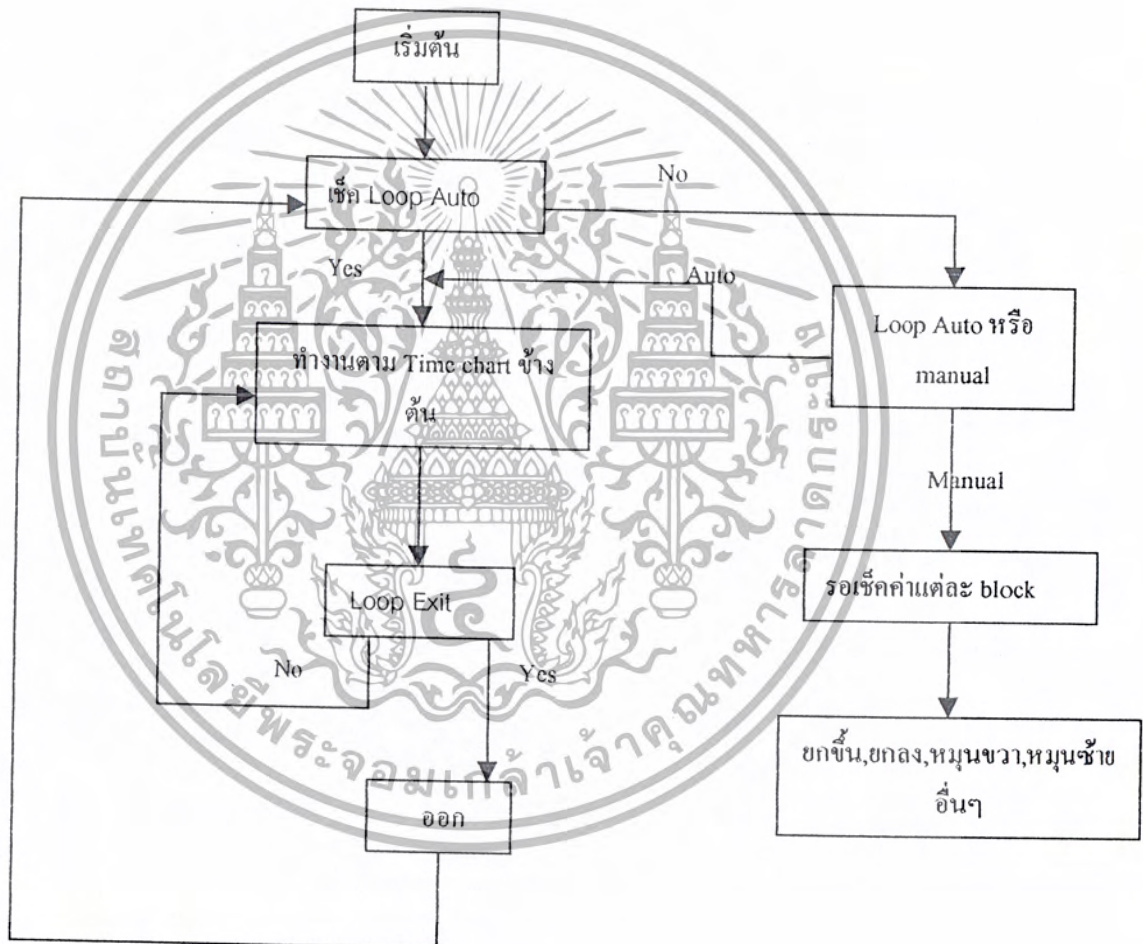
| | |
|--------------------|--|
| ในระบบไฟฟ้า | ต้องสามารถ Heat ชิ้นงานจำนวนหลายๆ ชิ้น โดยใช้เวลาดำเนินให้ทันต่อความต้องการในงาน heat |
| ในระบบ Mechanic | จำเป็นต้องมีระบบ mechanic มารองรับ เพื่อให้มีการทำงานที่สอดคล้องกับจังหวะในการ heat ที่เหมาะสมและเพื่อให้ได้ปริมาณชิ้นงานที่ heat ภายในเวลาที่กำหนดไว้ |

ดังแสดงด้วย Time chart of heating ในตารางข้างล่างนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHARTที่ใช้ในการควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรมเราจะมีอยู่ 3 โปรแกรม

1. โปรแกรมที่จะมาควบคุมระบบการเปลี่ยนชิ้นงาน ด้วยภาษา Visual Basic 6

2. โปรแกรมที่จะมาควบคุมระบบการเปลี่ยนชิ้นงาน ด้วยภาษา C

****ทั้งโปรแกรมข้างต้นมีหลักการการทำงานเหมือนกันแต่ความสามารถต่างกันเล็กน้อย เช่น****

-Visual Basic 6 เก็บข้อมูลได้ และป้อนค่าการ ضبطแข็งเหล็ก ได้อัตโนมัติ แต่การทำงานเหมือนภาษา C

-ภาษา C จากโปรเจกต์นี้จะ โชว์ การเคลื่อนไหวของงานได้

3. โปรแกรมควบคุมหน้าชิ้นงานด้วย microcontroller

ความรู้พื้นฐานที่ควรรู้ก่อนการเขียนโปรแกรมติดต่อ port ขนาน

การประมวลผลข้อมูลเพื่องานควบคุมนั้น สิ่งแรกจะต้องมีส่วนของสัญญาณอินพุต ซึ่งอาจจะมาจากตัวตรวจจับต่างๆผ่านวงจรภาคหน้าเพื่อเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณอินพุตให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลอินพุตถูกส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปภายนอกผ่านอุปกรณ์เอาต์พุต ซึ่งอาจจะเป็นการส่งออกไปยังจอภาพ หรือส่งออกไปยังจุดเชื่อมต่ออื่นๆเพื่อควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตต่อไป

พอร์ทขนาน(Parallel port) สาเหตุที่มีชื่อนี้ เนื่องจากการถ่ายทอข้อมูลของพอร์ทนี้เป็นแบบขนาน สำหรับชื่อเรียกของพอร์ทขนานอีกชื่อหนึ่งคือ พอร์ทเครื่องพิมพ์ เนื่องจากพอร์ทนี้ใช้สำหรับต่อเครื่องพิมพ์นั่นเอง

ด้วยการถ่ายทอข้อมูลแบบขนานนี้เอง ทำให้พอร์ทขนานมีอัตราการถ่ายทอสูงกว่าการถ่ายทอข้อมูลแบบอนุกรมประมาณ 8-10 เท่าและการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่จะมีขนาด 8 บิตได้โดยไม่ต้องต่อส่วนเพิ่มเติมใดๆ

โดยปกติพอร์ทขนานออกแบบมาให้มีสายสัญญาณอยู่ทั้งหมด 17 เส้น สายสัญญาณเหล่านั้นจะมีรีจิสเตอร์ 3 ตัวควบคุมการทำงาน ดังนี้

1. พอร์ทเอาต์พุตสำหรับสัญญาณข้อมูล 8 เส้น มีรีจิสเตอร์ DATA ควบคุม

2. พอร์ทอินพุตสำหรับการอ่านค่าสถานะต่างๆจากภายนอกมีอยู่ด้วยกัน 5 เส้น ใช้รีจิสเตอร์ status ในควบคุม

3. พอร์ทเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ภายนอก มีอยู่ด้วยกัน 4 เส้น ใช้รีจิสเตอร์ control ในการควบคุม

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ทขนานต้องรู้แอสแอส จะแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่งคือ แอสแอสของรีจิสเตอร์ Data ,รีจิสเตอร์ Status ,รีจิสเตอร์ Control

-DATA ใช้ 378H

-STATUS ใช้ 379H

-CONTROL ใช้ 37AH

หมายเหตุ ถ้าเราต้องการหาหมายเลขพอร์ทของเครื่องพิมพ์สามารถใช้คำสั่ง MSD ของ DOS หรือดูจาก BIOS ของเครื่อง โดยการเข้าไป Set up CMOS ตามปกติจะเป็นพอร์ท 378H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งขาของสัญญาณของพอร์ตเครื่องพิมพ์

| ขาสัญญาณของเครื่องพิมพ์ | | ตำแหน่งขาสัญญาณ |
|-------------------------|--------|-----------------|
| STROBE | OUTPUT | 1 |
| DATA 0 | OUTPUT | 2 |
| DATA 1 | OUTPUT | 3 |
| DATA 2 | OUTPUT | 4 |
| DATA 3 | OUTPUT | 5 |
| DATA 4 | OUTPUT | 6 |
| DATA 5 | OUTPUT | 7 |
| DATA 6 | OUTPUT | 8 |
| DATA 7 | OUTPUT | 9 |
| ACK | INPUT | 10 |
| BUSY | INPUT | 11 |
| PAPER END | INPUT | 12 |
| SELECT | INPUT | 13 |
| AUTO LF | OUTPUT | 14 |
| FAULT | INPUT | 15 |
| INT | OUTPUT | 16 |
| SELECT | OUTPUT | 17 |
| GND | | 18-25 |

การเขียน การส่งออก output

Visual Basic 6 ใช้คำสั่ง Out &H378,&H(ตัวเลขที่ส่งออก)

ภาษา C ใช้คำสั่ง Outport(0x378,0x(ตัวเลขที่ส่งออก))

การเขียน การรับเข้า input

Visual Basic 6 ใช้คำสั่ง ตัวแปร=Inp(&H379)

ภาษา C ใช้คำสั่ง ตัวแปร=inport(0x379)

หลักการรับข้อมูลจากการกดสวิตช์

ค่าพื้นฐานก่อนการกดสวิตช์ดังตาราง

| ขา port | 11 | 10 | 12 | 13 | 15 |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|
| ค่าประจำบิต | -128 | 64 | 32 | 16 | 8 |
| สถานะบิต | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| สวิตช์ | SW1 | SW0 | SW2 | SW3 | SW4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้โดยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EX. Chk=inp(&H379); ค่าChkขณะนี้เท่ากับ=0+64+32+16+8+4+2+1=127 แสดงว่าสถานะปกติจะมีค่าเท่ากับ127

หมายเหตุ 1.บางโปรแกรมมีการอ่าน ค่าพอร์ต ไม่เหมือนกันต้องลองเขียนโปรแกรม test ค่าที่รับจาก portดู

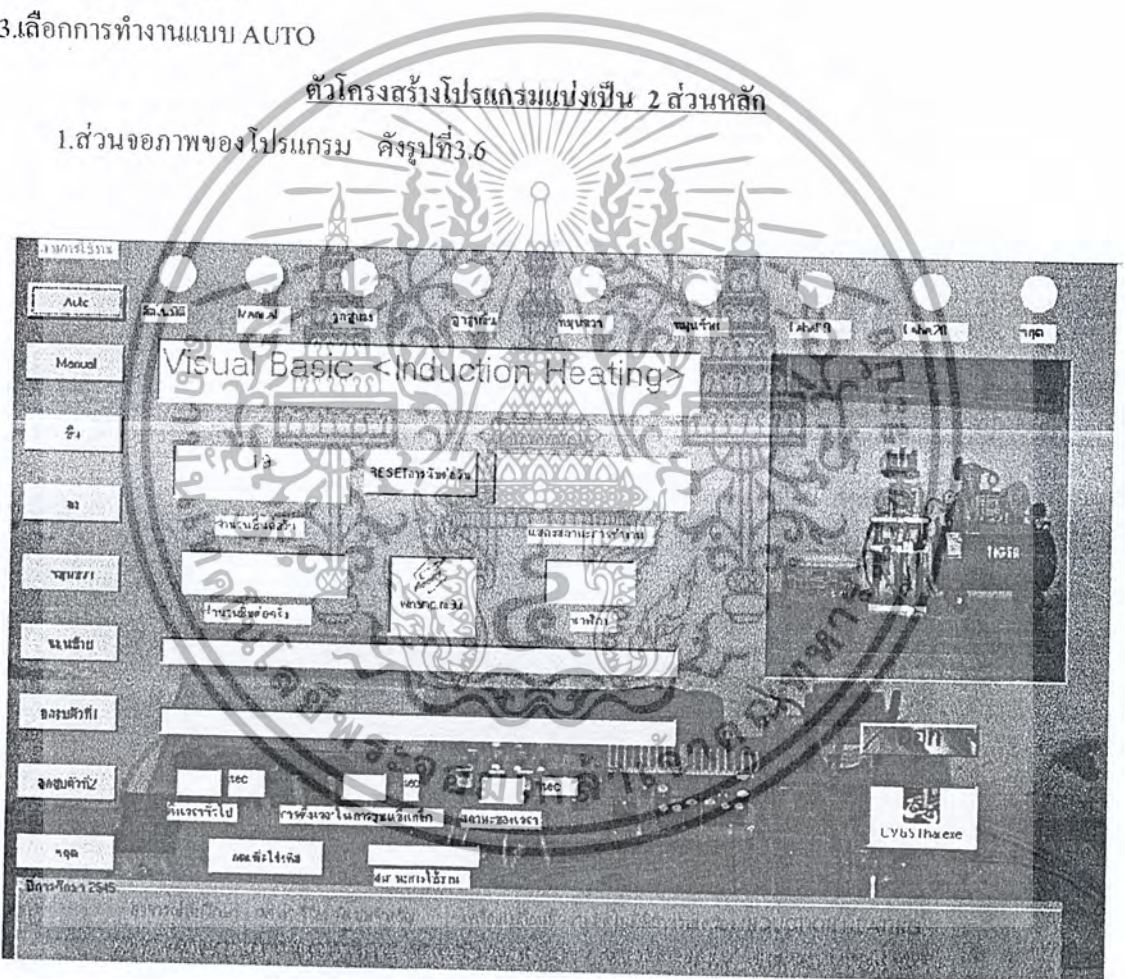
1.PROGRAM Visual Basic 6 CONTROL

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Visual Basic 6

- 1.คีย์ password ของผู้ใช้
- 2.ตั้งค่าเวลาในการ heat
- 3.เลือกการทำงานแบบ AUTO

ตัวโครงสร้างโปรแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก

1.ส่วนจอภาพของโปรแกรม ดังรูปที่3.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนเขียนโปรแกรม

ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual Basic 6 เราต้องมีโปรแกรมช่วยโปรแกรมที่จะมาช่วยจะอยู่ในรูปของ DLL ไฟล์ DLL นี้จะอยู่ 2 ไฟล์ inpout.dll และ inpout32.dll แต่ที่เราใช้คือ inpout32.dll จะเป็นระบบปฏิบัติการที่เป็น 32 บิต ซึ่งก็คือ windoe98

สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์ inpout32.dll นั้นจะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกทอรี system ซึ่งอยู่ภายในไดเรกทอรีเก็บโปรแกรมวินโดวส์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อเป็น Windows

เมื่อทำขั้นตอนดังกล่าวแล้วก็ยังส่งออกไม่ได้เราต้อง add file เพิ่มเข้าไปที่ตัวโปรแกรมอีก 1 ตัวคือ ไฟล์ INPORT32.BAS จึงจะใช้งานได้

ตัวอย่างไฟล์ inpout32.bas

```
#If Win32 Then
```

```
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll"
```

```
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
```

```
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll"
```

```
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

```
#Else
```

```
Declare Function Inp Lib "inpout.dll" (ByVal Port%) As Integer
```

```
Declare Sub Out Lib "inpout.dll" (ByVal Port%, ByVal Value%)
```

```
#End If
```

เริ่มเขียน โปรแกรม

```
Dim auto, manual, na, progstep As Integer
```

```
Dim num As Integer
```

```
Dim na11 As String
```

```
Dim stop1 As Integer
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim na11, rec As String
```

```
ProgressBar1.Value = 0
```

```
ProgressBar2.Value = 0
```

```
na11 = Text6.Text
```

```
Do While na11 = "เริ่มทำงานได้"
```

```
auto = True
```

```
manual = False
```

```
Text1.Text = "อัตโนมัตื "
```

```
Shape1.FillStyle = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
Out &H378, 0
Text1.Text = " หมุนซ้าย "
Out &H378, 4 'หมุนขวา
Call input_sensor1
Call input_sensor3
Call delay_1s
Call delay_1s
Out &H378, 0
Text1.Text = "หมุนขวา"
Out &H378, 8 'หมุนซ้าย
Call input_sensor2
Call input_sensor4
Call delay_1s
Call delay_1s
num = 1
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 0
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1

```




```

Out &H378, 0 "ปิดลูกสูบ2"
Call delay_heat1
Call delay_heat1
Author.Recordset.AddNew
Author.Recordset.Update
rec = Val(Author_Name.Text) + 1
Author_Name.Text = rec
Text2.Text = num
num = num + 1
Out &H378, 0
Text1.Text = "หมุนขวา"
Out &H378, 8 "หมุนซ้าย"
Call input_sensor2
Call input_sensor4
Call delay_1s
Call delay_1s
Loop Until manual = True
Loop
End Sub
Sub limits()
Dim limit As Integer
Do
limit = Inp(&H379)
DoEvents
Loop Until (limit = 40) Or (limit = 232)
End Sub
Sub input_sensor3()
Dim sw3 As Integer
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
sw3 = Inp(&H379)
DoEvents
Loop Until sw3 = 24
End Sub

```



End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Sub input_sensor4()
Dim sw3 As Integer
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
sw3 = Inp(&H379)
DoEvents
Loop Until sw3 = 216
End Sub

```

```

Sub input_sensor2()
Dim sw1 As Integer
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
sw1 = Inp(&H379)
DoEvents
Loop Until (sw1 = 248) Or (sw1 = 216)
DoEvents
Do
Out &H378, 0
Call delay_1s
sw1 = Inp(&H379)
If (sw1 <> 248) Or (sw1 = 216) Then
Out &H378, 4
Call delay_1ms
End If
Loop Until (sw1 = 248) Or (sw1 = 216)
Out &H378, 0
End Sub

```

```

Sub input_sensor1()
Dim sw0 As Integer
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
sw0 = Inp(&H379)
DoEvents

```

```

Loop Until (sw0 = 56) Or (sw0 = 24)

```



```

DoEvents
Do
Out &H378, 0
Call delay_1s
sw0 = Inp(&H379)
If (sw0 <> 56) Or (sw0 = 24) Then
Out &H378, 8
Call delay_1ms
End If
Loop Until (sw0 = 56) Or (sw0 = 24)
Out &H378, 0
End Sub
Private Sub Command10_Click()
If MsgBox("ท่านต้องการเลิกงานหรือไม่?", 68, "โปรดยืนยัน") = 6 Then
End
End If
Out &H378, 0
End Sub
Private Sub Command11_Click()
Form2.Show vbModal
na = True
End Sub

Private Sub Command12_Click()
Dim por As Integer
Author.Recordset.AddNew
Author.Recordset.Update
por = 0
Author_Name.Text = por
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Dim na11 As String

```



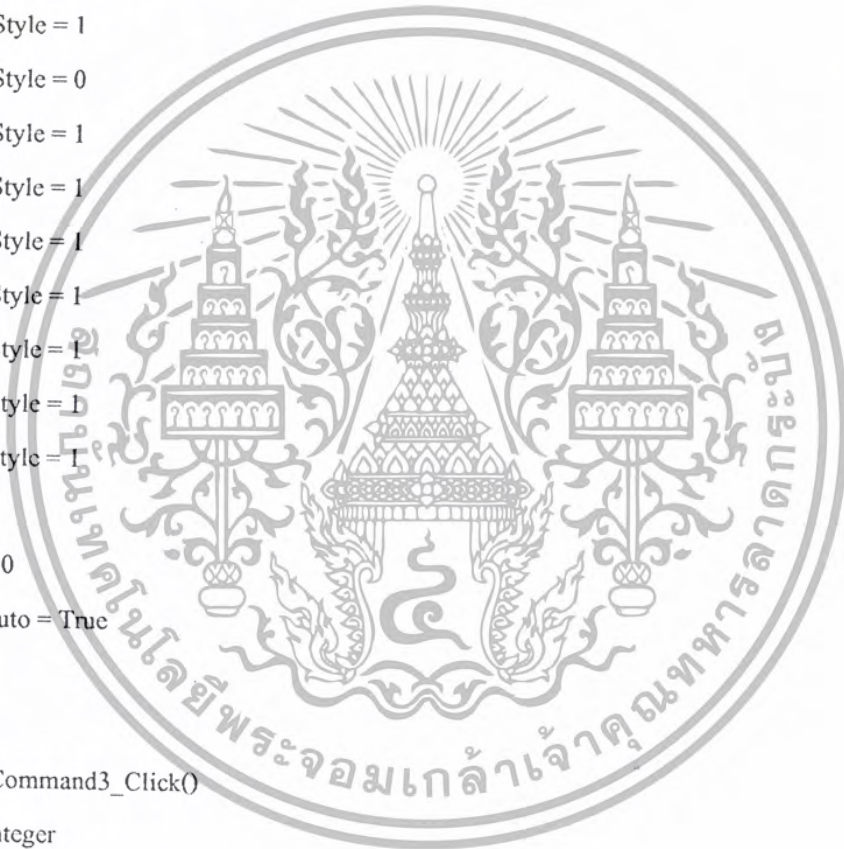
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

stop1 = 11
na11 = Text6.Text
Do While na11 = "เริ่มทำงานได้"

auto = False
manual = True
Text1.Text = "Manual "
Do
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 0
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 0
Loop Until auto = True
Loop
End Sub
Private Sub Command3_Click()
Dim up As Integer
up = 0
Do While manual = True
Text1.Text = "คืนลูกสูบขึ้น"
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 0
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 1
Loop
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Dim down As Integer
down = 0
ProgressBar1.Value = 0
ProgressBar2.Value = 0
Do While manual = True
Text1.Text = "คืนลูกสูบลง "
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 0
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 0
Loop
End Sub

Private Sub Command5_Click()
Dim right As Integer
right = 0
Do While manual = True

```



```
Text1.Text = "หมุนขวา"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 0
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 4
Call input_sensor1
Loop
End Sub
Private Sub Command6_Click()
Dim left As Integer
left = 0
Do While manual = True
Text1.Text = "หมุนซ้าย"
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 0
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 8
Call input_sensor2

```



Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Sub
Sub delay_heat1()
Dim i, te, ii As Integer
ProgressBar2.Value = 0
te = Val(Text7.Text)
ProgressBar1.Max = 1
ProgressBar2.Max = 1
For ii = 1 To te
ProgressBar2.Value = ProgressBar2.Value + (1 / (te + 0.1))
Text5.Text = ii
For i = 1 To 4000
DoEvents
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 0.000178
Timer2.Interval = 5000
Timer2.Enabled = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Next i
ProgressBar1.Value = 0
Timer2.Enabled = False
Next ii
ii = 0
i = 0
te = 0
ProgressBar2.Value = 0
Timer2.Enabled = False
End Sub
Sub delay_1ms()
Dim i As Integer
For i = 1 To 800
DoEvents
Timer2.Interval = 30000
Timer2.Enabled = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Next i

```



```

End Sub

Sub delay_1s()
Dim i As Integer
For i = 1 To 4000
DoEvents
Timer2.Interval = 30000
Timer2.Enabled = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Next i
End Sub

Sub delay_heat()
Dim i, te, ii As Integer
ProgressBar2.Value = 0
te = Val(Text4.Text)
ProgressBar1.Max = 1
ProgressBar2.Max = 1
For ii = 1 To te
ProgressBar2.Value = ProgressBar2.Value + (1 / (te + 0.1))
Text5.Text = ii
For i = 1 To 4000
DoEvents
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 0.000178
Timer2.Interval = 5000
Timer2.Enabled = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Next i
ProgressBar1.Value = 0
Timer2.Enabled = False
Next ii
ii = 0
i = 0
te = 0
ProgressBar2.Value = 0
Timer2.Enabled = False

```



```

End Sub
Private Sub Command7_Click()
na11 = Text6.Text
Do While na11 = "เริ่มทำงานได้"
DoEvents
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
stop1 = 10
auto = True
manual = True
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 0
Out &H378, &O0
Out &H378, &O0
Text1.Text = "STOP"
Loop
End Sub
Private Sub Command8_Click()
Dim up1 As Integer
up1 = 0
Do While manual = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Text1.Text = "ปล่อยชิ้นงานตำแหน่งที่1"
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1

```



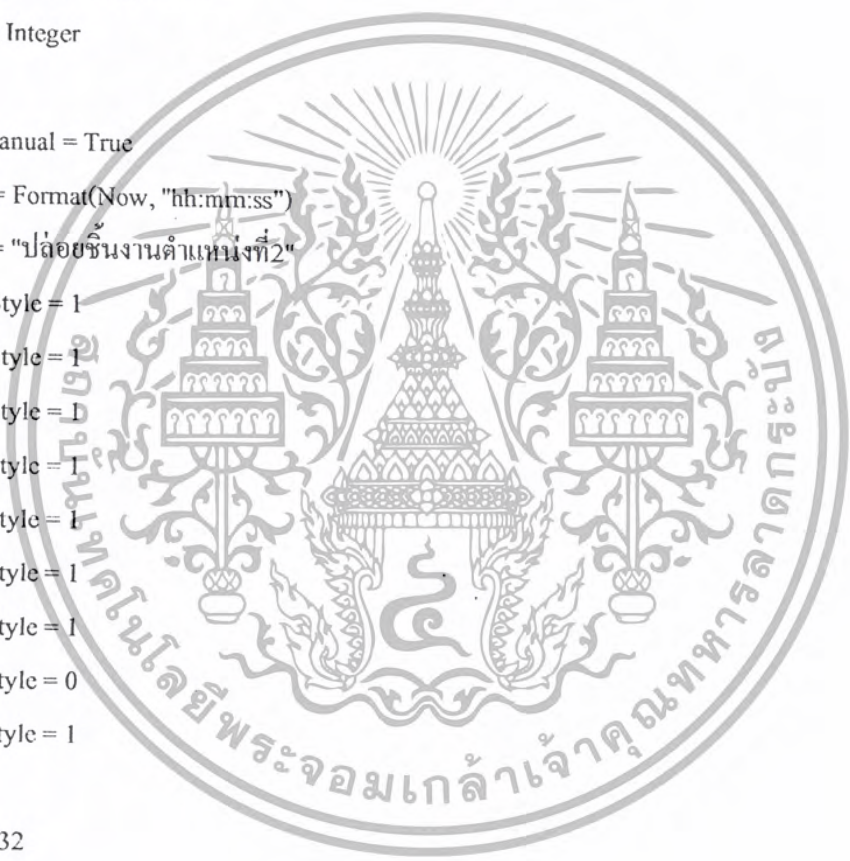
```

Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 0
Shape8.FillStyle = 1
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 16
Loop
End Sub

Private Sub Command9_Click()
Dim up2 As Integer
up2 = 0
Do While manual = True
Text3.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
Text1.Text = "ปล่อยชิ้นงานตำแหน่งที่2"
Shape1.FillStyle = 1
Shape2.FillStyle = 1
Shape3.FillStyle = 1
Shape4.FillStyle = 1
Shape5.FillStyle = 1
Shape6.FillStyle = 1
Shape7.FillStyle = 1
Shape8.FillStyle = 0
Shape9.FillStyle = 1
DoEvents
Out &H378, 32
Loop
End Sub

Private Sub Form_Load()
stop1 = 11
Text8.Text = "Visual Basic <Induction Heating>"
Dim kk, ww, ll As Integer
For kk = 1 To StatusBar1.Panels.Count
StatusBar1.Panels(kk).ToolTipText = "พานนที่" & kk

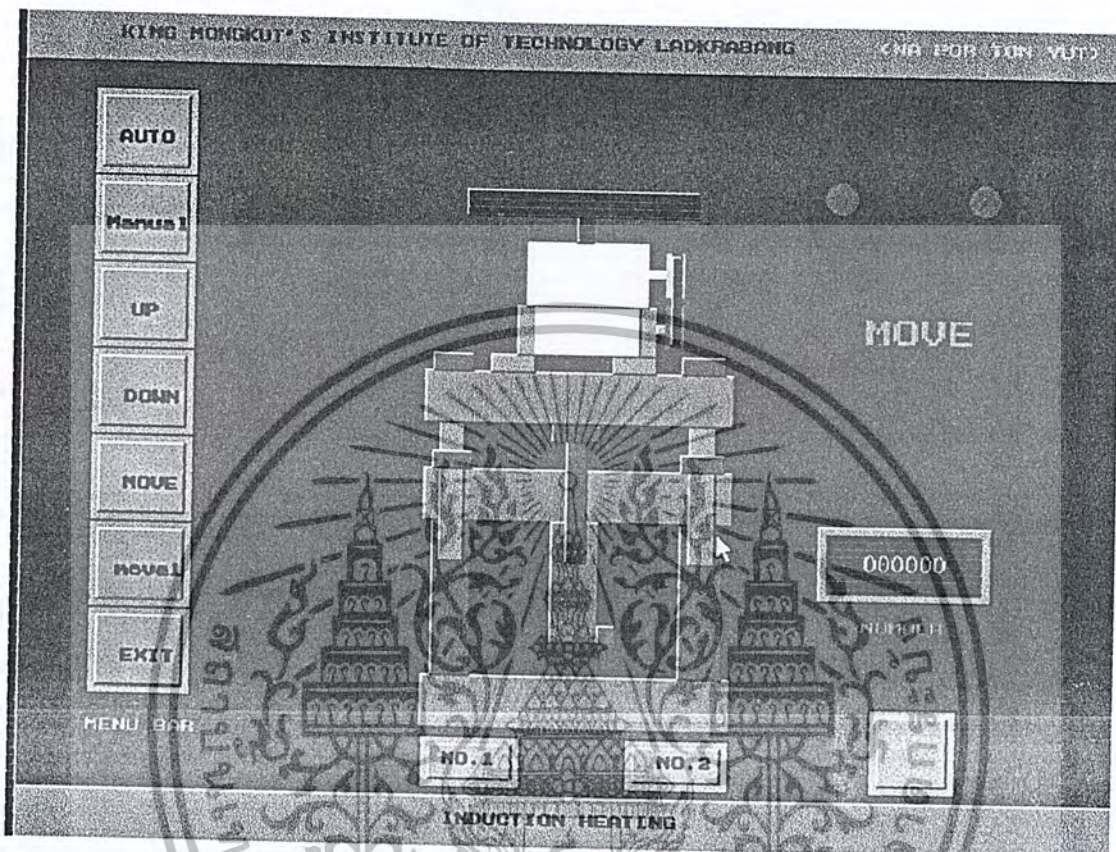
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

2.PROGRAM C CONTROL



รูปที่ 3.7

```

#include <process.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <graphics.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
void open_graph();
void button(int x0,int y0,int x1,int y1,int col1,int col2,int cbg);
int pichome(int n);
void loop_up10();
void loop_down10();
void circle_na();
void reset_mouse();

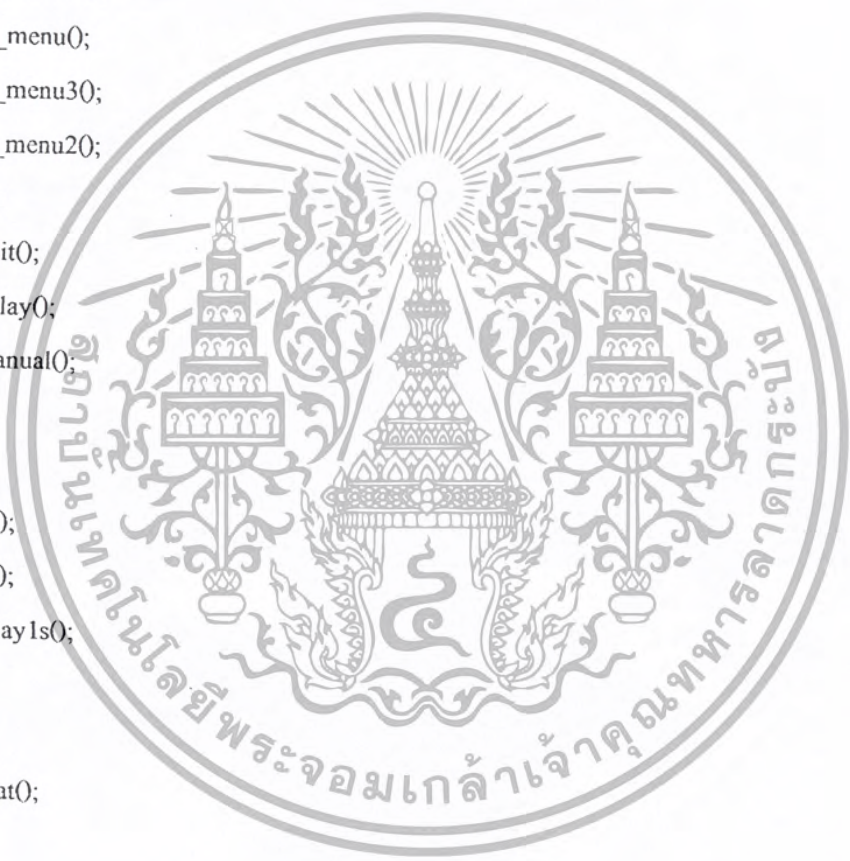
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void show_mouse();
void hide_mouse();
void limx_mouse();
void limy_mouse();
void chk_mouse(int *press,int *x,int *y);
void circle_na1();
void circle_na2();
void back_ground(char s1,char s2,char s3,char s4,char s5,char s6,char s7,char s8);
void control_menu1();
void control_menu();
void control_menu3();
void control_menu2();
void auto1();
void loop_exit();
void loop_delay();
void loop_manual();
void proy();
void rab();
void sensor1();
void sensor2();
void loop_delay1s();
void heat();
void limit();
void open_heat();
main()
{ int press,x,y;
  outport(0x378,0);
  open_graph();
  reset_mouse();
  show_mouse();
  limx_mouse();
  limy_mouse();
  button(5,5,710,500,15,8,8);
  hide_mouse();

```



```

back_ground(1,1,1,1,1,1,1,1);
circle_na();
pichome(53);
gotoxy(63,20);
printf("%.6d",0);
show_mouse();
control_menu3();
getch();
}
void loop_delay1s()
{ int de;
  for(de=1;de<4;de+)/*****4=1s*****/
  {
    delay(100000);
    loop_exit();
  }
}
void proy()
{
  outport(0x378,16);
}
void rab()
{
  outport(0x378,32);
}
void loop_manual()
{
  int press,x,y;
  chk_mouse(&press,&x,&y);
  nosound();
  if(press==1 && x>5)
  {if(x>50 && y>100 && x<100 && y<140)
  {settextstyle(0,0,0);
  setcolor(10);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(53,120,"Manual");
control_menu3();
}
}
}

void loop_exit()
{
int press,x,y,selec;
chk_mouse(&press,&x,&y);
nosound();
if(press==1 && x>5)
{
if(x>500 && y>405 && x<550 && y<445)
{ hide_mouse();
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(510,510,"STOP");
delay(1000);
selec=101;
}
if(selec==101)
{ sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
outtextxy(510,410,"STOP");
setcolor(1);
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(60,70,"AUTO");
outtextxy(53,120,"manual");
control_menu3();

```



```

}
if(x>50 && y>350 && x<100 && y<390)
{
    settextstyle(0,0,0);
    setcolor(10);
    outtextxy(65,370,"EXIT");
    delay(100000);
    nosound();
    outport(0x378,0);
    exit(0);
}
}
}
void loop_delay()
{
    int k,l;
    for(k=1;k<50;k++)
    {
        loop_exit();
        delay(160);
    }
}
void heat()
{
    int www;
    for(www=1;www<20;www++)
    {
        setcolor(4);
        setfillstyle(1,4);
        sector(www*6+270,38,0,360,7,7);
        circle(www*6+270,38,7);
        delay(1000);
        loop_delay();
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
void auto1()
{int numm;
numm=1;
show_mouse();
circle_na1();
sensor1();
loop_delay1s;
loop_delay1s;
loop_delay1s;
circle_na2();
sensor2();
loop_delay1s;
loop_delay1s;
loop_delay1s;
do{
show_mouse();
loop_up1();
limit();
open_heat();
heat();
button(260,31,400,50,8,8,8);
loop_down1();
proy();
loop_delay1s();
outport(0x378,0);
loop_delay1s();
gotoxy(63,20);
printf("%.6d",numm);
circle_na1();
sensor1();
loop_delay1s();
loop_delay1s();
loop_up1();

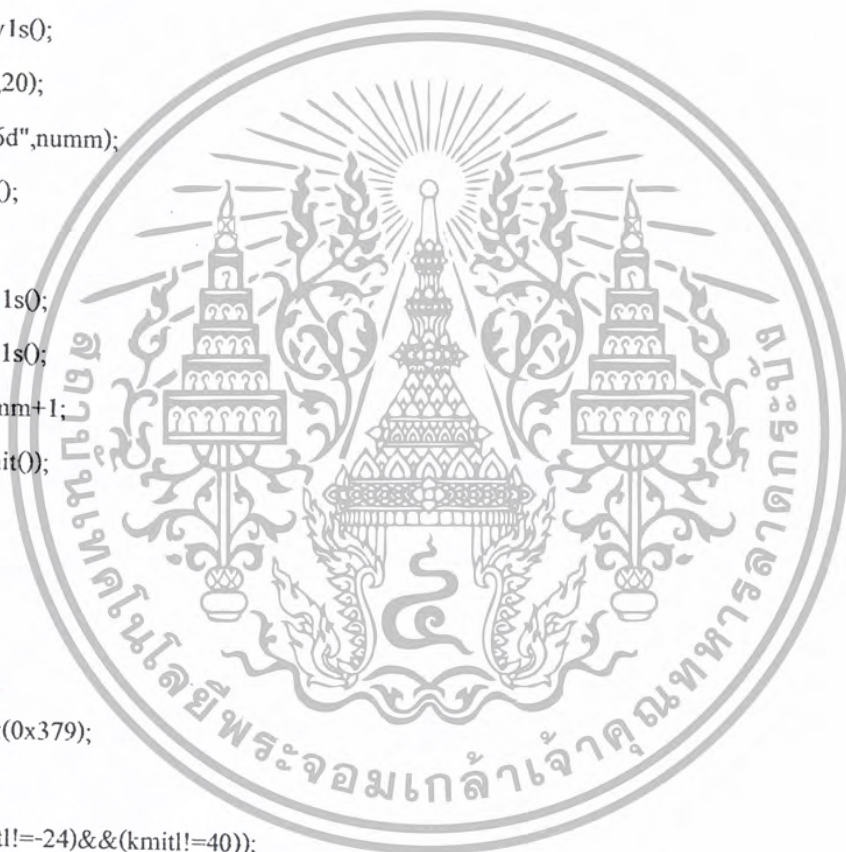
```



```

limit();
open_heat();
heat();
button(260,31,400,50,8,8,8);
numm++;
loop_down10();
rab();
loop_delay1s();
outport(0x378,0);
loop_delay1s();
gotoxy(63,20);
printf("%.6d",numm);
circle_na2();
sensor2();
loop_delay1s();
loop_delay1s();
numm=numm+1;
}while(!kbhit());
}
void limit()
{ char kmitl;
do{
kmitl=inport(0x379);
loop_exit();
}while((kmitl!=-24)&&(kmitl!=40));
}
void open_heat()
{
outport(0x378,129);
}
void sensor1()
{ char ss;
do{
loop_exit();

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ss=inport(0x379);
}while(ss!=24);
}
void sensor2()
{ char ss1;
do{
    loop_exit();
    ss1=inport(0x379);
}while(ss1!=-40);
}
void control_menu3()
{ do
  {
    control_menu1();
  }while(!kbhit());
}
void control_menu2()
{ do
  {
    control_menu();
  }while(!kbhit());
}
void control_menu1()
{
  int press,x,y,selec;
  press=0;x=0;y=0;
  show_mouse();
  outport(0x378,0);
  chk_mouse(&press,&x,&y);
  if(press==1 && x>5)
  {
    hide_mouse();
    if(x>50 && y>50 && x<100 && y<90)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
button(50,50,100,90,0,0,12);
outtextxy(60,70,"AUTO");
delay(1000);
selec=10;
}
if(x>50 && y>350 && x<100 && y<390)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(65,370,"EXIT");
delay(1000);
selec=30;
}
if(selec==30)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(10);
outtextxy(65,370,"EXIT");
delay(10000);
exit(0);
}
if(x>50 && y>100 && x<100 && y<140)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(53,120,"Manual");
delay(1000);
selec=11;
}
if(selec==10)
{
delay(10000);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    sound(3000);
    delay(5000);
    nosound();
    button(50,50,100,90,15,0,12);
    setcolor(10);
    outtextxy(60,70,"AUTO");
    setcolor(1);
    outtextxy(53,120,"Manual");
    outtextxy(510,410,"STOP");
    auto1();
}
if(selec==11)
{
    sound(3000);
    delay(500);
    nosound();
    setcolor(10);
    outtextxy(53,120,"Manual");
    setcolor(1);
    outtextxy(60,70,"AUTO");
    outtextxy(510,410,"STOP");
    control_menu2();
}
}
selec=0;
}

void control_menu()
{
    int press,x,y,selec;
    show_mouse();
    chk_mouse(&press,&x,&y);
    if(press==1 && x>5)
    {
        if(x>500 && y>405 && x<550 && y<445)
            {settextstyle(0,0,0);

```



```

setcolor(1);
outtextxy(510,410,"STOP");
delay(1000);
selec=100;
}
if(x>50 && y>150 && x<100 && y<190)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(68,170,"UP");
delay(1000);
selec=1;
}
if(x>50 && y>200 && x<100 && y<240)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(65,220,"DOWN");
delay(1000);
selec=2;
}
if(x>50 && y>250 && x<100 && y<290)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(65,270,"MOVE");
delay(1000);
selec=3;
}
if(x>50 && y>300 && x<100 && y<340)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(61,320,"move1");

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(1000);
selec=4;
}
if(x>50 && y>350 && x<100 && y<390)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(65,370,"EXIT");
delay(1000);
selec=5;
}
if(x>365 && y>420 && x<415 && y<440)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(380,425,"NO.2");
delay(1000);
selec=380;
}
if(x>245 && y>420 && x<295 && y<440)
{
settextstyle(0,0,0);
setcolor(1);
outtextxy(255,425,"NO.1");
delay(1000);
selec=255;
}
if(selec==100)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound(0);setcolor(10);
outtextxy(510,410,"STOP");
setcolor(1);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(65,370,"EXIT");
outtextxy(60,70,"AUTO");
outtextxy(53,120,"Manual");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(380,425,"NO.2");
control_menu3();
}
if(selec==255)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(255,425,"NO.1");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(510,410,"STOP");
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(65,370,"EXIT");
outtextxy(60,70,"AUTO");
proy();
}
if(selec==380)
{

```



sound(3000);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(380,425,"NO.2");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(510,410,"STOP");
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(65,370,"EXIT");
outtextxy(60,70,"AUTO");
rab();
}
if(sclcc==1)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(68,170,"UP");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(65,370,"EXIT");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(255,425,"NO.1");

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if(selec==2)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(65,220,"DOWN");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(65,370,"EXIT");
loop_down1();
}
if(selec==3)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(65,270,"MOVE");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(61,320,"move1");

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(65,370,"EXIT");
circle_na10;
}
if(selec==4)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
hide_mouse();
outtextxy(61,320,"move1");
show_mouse();
setcolor(1);
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(68,170,"UP");
outtextxy(65,220,"DOWN");
outtextxy(65,370,"EXIT");
circle_na20;
}
if(selec==5)
{
sound(3000);
delay(500);
nosound();
setcolor(10);
outtextxy(65,370,"EXIT");
setcolor(1);
outtextxy(61,320,"move1");
outtextxy(380,425,"NO.2");
outtextxy(65,270,"MOVE");
outtextxy(255,425,"NO.1");
outtextxy(68,170,"UP");

```



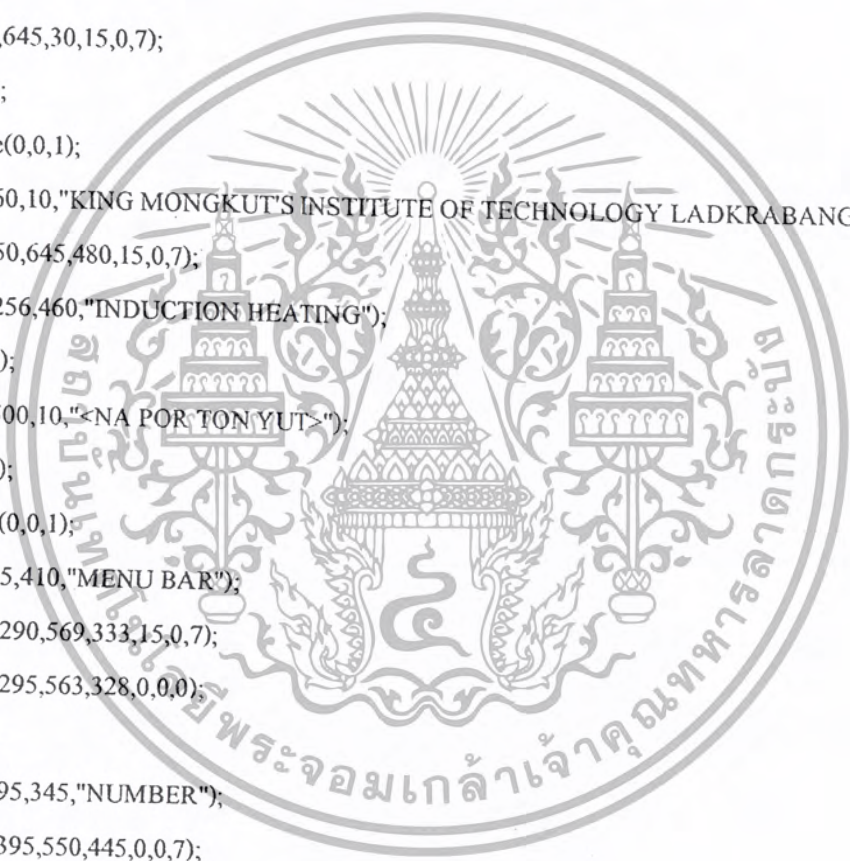
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(65,220,"DOWN");
    delay(100000);
    exit(0);
}
}
selec=0;
}

void back_ground(char s1,char s2,char s3,char s4,char s5,char s6,char s7,char s8)
{ int vvv;
  button(5,0,645,30,15,0,7);
  setcolor(4);
  settxtstyle(0,0,1);
  outtextxy(60,10,"KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG");
  button(5,450,645,480,15,0,7);
  outtextxy(256,460,"INDUCTION HEATING");
  setcolor(11);
  outtextxy(500,10,"<NA POR TON YUT>");
  setcolor(10);
  settxtstyle(0,0,1);
  outtextxy(45,410,"MENU BAR");
  button(470,290,569,333,15,0,7);
  button(475,295,563,328,0,0,0);
  setcolor(3);
  outtextxy(495,345,"NUMBER");
  button(500,395,550,445,0,0,7);
  button(505,400,545,440,15,0,12);
  setcolor(13);
  settxtstyle(0,0,0);
  outtextxy(510,410,"STOP");
  button(45,45,105,95,0,0,7);
  button(50,50,100,90,15,0,12);
  setcolor(s1);
  settxtstyle(0,0,0);
  outtextxy(60,70,"AUTO");

```



```

button(45,95,105,145,0,0,7);
button(50,100,100,140,15,0,12);
setcolor(s2);
outtextxy(53,120,"Manual");
button(45,145,105,195,0,0,7);
button(50,150,100,190,15,0,12);
setcolor(s3);
outtextxy(68,170,"UP");
button(45,195,105,245,0,0,7);
button(50,200,100,240,15,0,12);
setcolor(s4);
outtextxy(65,220,"DOWN");
button(45,245,105,295,0,0,7);
button(50,250,100,290,15,0,12);
setcolor(s5);
outtextxy(65,270,"MOVE");
button(240,415,300,445,0,0,7);
button(245,420,295,440,15,0,12);
setcolor(1);
outtextxy(255,425,"NO.1");
button(360,415,420,445,0,0,7);
button(365,420,415,440,15,0,12);
setcolor(1);
outtextxy(380,425,"NO.2");
button(45,295,105,345,0,0,7);
button(50,300,100,340,15,0,12);
setcolor(s6);
outtextxy(61,320,"move1");
button(45,345,105,395,0,0,7);
button(50,350,100,390,15,0,12);
setcolor(s7);
outtextxy(65,370,"EXIT");
}

```



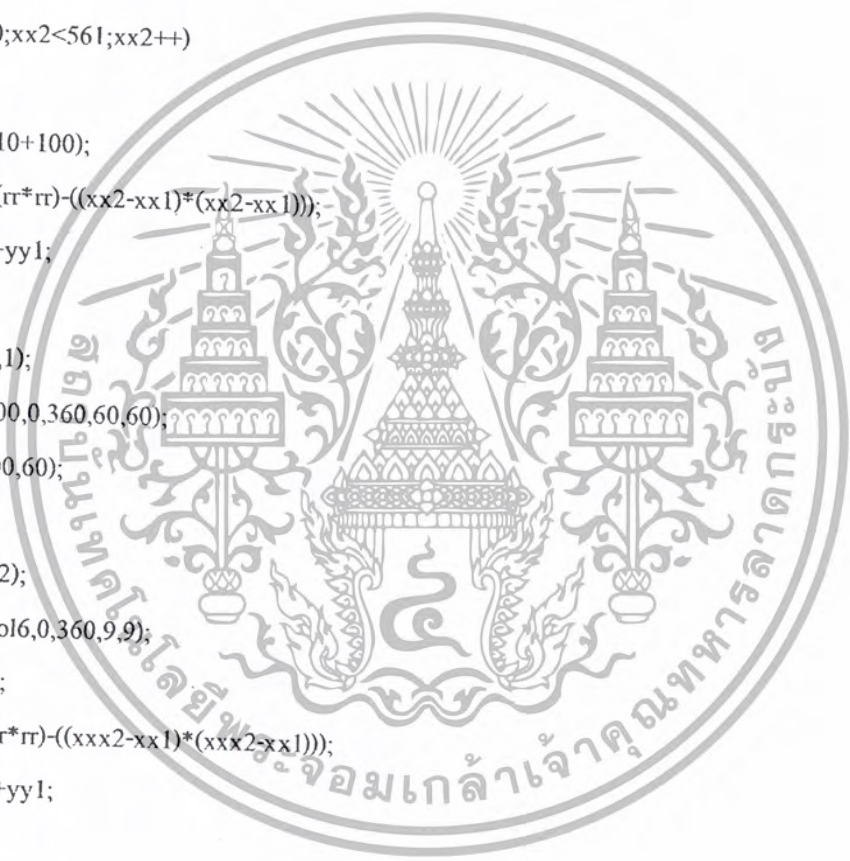
void circle_nal0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
float xx1,xx3,yy1,rr,xx2,mol5,mol6,xxx2,moll6,moll5,num;
char sw0;
do{
xx1=520;
xxx2=561;
rr=40;
yy1=100;
outport(0x378,4);
for(xx2=480;xx2<561;xx2++)
{
sound(xx2*10+100);
mol5=-sqrt((rr*rr)-((xx2-xx1)*(xx2-xx1)));
mol6=mol5+yy1;
setcolor(1);
setfillstyle(1,1);
sector(520,100,0,360,60,60);
circle(520,100,60);
setcolor(2);
setfillstyle(1,2);
sector(xx2,mol6,0,360,9,9);
xxx2=xxx2-1;
moll5=sqrt((rr*rr)-((xxx2-xx1)*(xxx2-xx1)));
moll6=moll5+yy1;
setcolor(2);
setfillstyle(1,3);
sector(xxx2,moll6,0,360,9,9);
loop_exit();
sw0=inport(0x379);
delay(100);
nosound();
}
do{
loop_exit();

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sw0=inport(0x379);
}while((sw0!=56)&&(sw0!=24));
do{
outport(0x378,0);
loop_delay(1s);
sw0=inport(0x379);
if((sw0!=56)||(sw0!=24));
{ outport(0x378,8);
loop_delay();
}
}while((sw0!=56)&&(sw0!=24));
outport(0x378,0);
loop_delay(1s);
}while((sw0!=56)&&(sw0!=24));
}
void circle_na20
{char sw1;
float xx1,xx2,xx3,rr,yy1,mol5,mol6,xxx2,mol15,mol16;
do{
xx1=520;
rr=40;
yy1=100;
xxx2=479;
outport(0x378,8);
for(xx2=560;xx2>479.5;xx2--)
{ sound(xx2*10+100);
mol5=-sqrt((rr*rr)-((xx2-xx1)*(xx2-xx1)));
mol6=mol5+yy1;
setcolor(1);
setfillstyle(1,1);
sector(520,100,0,360,60,60);
circle(520,100,60);
setcolor(2);
setfillstyle(1,2);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sector(xx2,mol6,0,360,9,9);
xxx2=xxx2+1;
moll5=sqrt((rr*rr)-((xxx2-xx1)*(xxx2-xx1)));
moll6=moll5+yy1;
setfillstyle(1,3);
sector(xxx2,moll6,0,360,9,9);
loop_exit();
delay(100);
nosound();
}
do{
loop_exit();
sw1=inport(0x379);
}while((sw1!=-8)&&(sw1!=-40));
hide_mouse();
do{
outport(0x378,0);
loop_delay(1s);
sw1=inport(0x379);
if ((sw1!=-8)||(sw1!=-40))
{outport(0x378,4);
loop_delay();
}
}while((sw1!=-8)&&(sw1!=-40));
outport(0x378,0);
loop_delay(1s);
}while((sw1!=-8)&&(sw1!=-40));
}
void chk_mouse(int *press,int *x,int *y)
{union REGS r;
r.x.ax=5;
r.x.bx=0;
int86(0x33,&r,&r);
*press=r.x.bx;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*x=r.x.cx;
*y=r.x.dx;
}
void reset_mouse()
{
union REGS r;
r.x.ax=0;
int86(0x33,&r,&r);
}
void show_mouse()
{ union REGS r;
r.x.ax=1;
int86(0x33,&r,&r);
}
void hide_mouse()
{union REGS r;
r.x.ax=2;
int86(0x33,&r,&r);
}
void limx_mouse()
{ union REGS r;
r.x.ax=7;
r.x.cx=5;
r.x.dx=635;
int86(0x33,&r,&r);
}
void limy_mouse()
{ union REGS r;
r.x.ax=8;
r.x.cx=5;
r.x.dx=465;
int86(0x33,&r,&r);
}
void loop_down()

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
int n,na1,na2;
n=1;
outport(0x378,0);
delay(1000);
for(n=1;n<55;n++)
{
pichome(n);
sound(n+30);
delay(1008*n+1500);/*****set delay down*****/
loop_exit();
}
nosound();
outport(0x378,0);
}
void loop_up10
{ int n,na1,na2;
n=1;
outport(0x378,1);
nosound();
for(n=54;n>1;n--)
{
pichome(n);
sound(n+10);
delay(500*n+1500); /*****set delay up*****/
loop_exit();
}
nosound();
}
int pichome(int n)
{
loop_exit();
button(220,45,435,290,8,8,8);
/*****bar-down*****/

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

button(240,380,420,410,15,8,10);
/*****bar left right down*****/
button(245,290,270,380,15,8,9);
button(390,290,415,380,15,8,9);
/*****bar up mediam*****/
button(240,260,420,290,15,8,10);
/*****cylinder*****/
button(316,290,343,360,15,8,3);
button(343,350,353,360,15,8,4);
/*****gan cylinder*****/
button(324,190+n,336,260+n,15,8,5);
/*****not*****/
button(245,250,270,260,15,8,9);
button(390,250,415,260,15,8,9);
/*****gan chark*****/
button(250,180+n,265,260+n,15,8,7);
button(245,250,270,260,15,8,9);
button(395,180+n,410,260+n,15,8,7);
button(390,250,415,260,15,8,9);
/*****not cylinder*****/
button(316,180+n,343,190+n,15,8,6);
/*****bar up up*****/
button(240,150+n,420,180+n,15,8,10);
/*****not up*****/
button(245,140+n,270,150+n,15,8,9);
button(390,140+n,415,150+n,15,8,9);
/****motor*****/
button(280,140+n,305,150+n,15,8,7);
button(350,140+n,375,150+n,15,8,7);
button(295,112+n,305,140+n,15,8,7);
button(365,112+n,375,140+n,15,8,7);
button(305,112+n,365,140+n,15,8,14);
button(375,122+n,383,127+n,15,8,12);
button(383,112+n,389,136+n,15,8,5);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****plattut*****/
button(300,75+n,370,112+n,14,9,15);
button(370,90+n,380,95+n,15,8,14);
button(380,80+n,390,105+n,13,13,13);
button(383,80+n,388,82+n,8,8,8);
button(380,110+n,390,135+n,4,4,4);
button(383,82+n,388,133+n,15,128,128);
button(383,133+n,388,135+n,8,8,8);
/*****/
button(328,60+n,337,75+n,15,0,0);
/****jan*****/
button(265,45+n,398,60+n,15,0,0);
setcolor(10);
settextstyle(0,0,2);
outtextxy(495,170,"MOVE");
}
void circle_na()
{
setcolor(1);
setfillstyle(1,1);
sector(520,100,0,360,60,60);
circle(520,100,60);
setcolor(2);
setfillstyle(1,2);
sector(480,100,0,360,9,9);
setcolor(4);
setfillstyle(1,4);
sector(562,100,0,360,9,9);
}
void button(int x0,int y0,int x1,int y1,int col1,int col2,int cbg)
{
setfillstyle(1,cbg);
bar(x0+1,y0+1,x1-1,y1-1);
setcolor(col1);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(x0,y0,x1,y0);
line(x0,y0,x0,y1);
setcolor(col2);
line(x0,y1,x1,y1);
line(x1,y0,x1,y1);
}
void open_graph()
{
int gmode,gdriver=DETECT;
initgraph(&gdriver,&gmode,"");
}

```

3.PROGRAM MICROCONTROLLER CONTROL

```

LCD_EN      BIT      P3.6
LCD_RS      BIT      P3.7
; Define User Register
;
LCD_ADDR    EQU      030H
LCD_DATA    EQU      031H
;
; Define User Register
;
002f      FLAG      EQU      02FH
0078      KEYPRESSED BIT      FLAG.0
0079      R_SHF     BIT      FLAG.1
0032      KPAD_DATA EQU      032H
;
; Main Program.
;
0000      ORG      0000H
0000  75 80 00      MOV      P0,#00000000B
0003  c2 b6         CLR      LCD_EN
0005  c2 b7         CLR      LCD_RS
0007  31 cc         ACALL INIT_LCD

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0009 75 30 00      MOV      LCD_ADDR,#000H
000c 51 4a         ACALL SET_ADDR_LCD
000e 90 02 99     MOV      DPTR,#TITLE_1
0011 51 5f         ACALL WRLINE_LCD      ; 00H-0FH (Increase automatic)
0013 90 02 a9     MOV      DPTR,#TITLE_3
0016 51 5f         ACALL WRLINE_LCD
0018 75 30 40     MOV      LCD_ADDR,#040H
001b 51 4a         ACALL SET_ADDR_LCD
001d 90 02 a1     MOV      DPTR,#TITLE_2
0020 51 5f         ACALL WRLINE_LCD      ; 00H-0FH (Increase automatic)
0022 90 02 b1     MOV      DPTR,#TITLE_4
0025 51 5f         ACALL WRLINE_LCD
0027 51 92         ACALL DELAY_1s
0029 51 92         ACALL DELAY_1s
002b 51 92         ACALL DELAY_1s
002d 7c 08         MOV      R4,#8      ; Set Loop 8 times
002f 51 3a LOOP_LCD_L_SHF: ACALL LCD_LSHF      ; Left Shift LCD
Display
0031 51 87         ACALL DELAY_100ms    ; Delay
0033 51 87         ACALL DELAY_100ms
0035 dc f8         DJNZ    R4,LOOP_LCD_L_SHF ; Do until 8 times
0037 51 92         ACALL DELAY_1s
0039 51 92         ACALL DELAY_1s      ; Delay
003b 7c 08         MOV      R4,#8      ; Set Loop 8 times
003d 51 42 LOOP_LCD_R_SHF: ACALL LCD_RSHF      ; Right Shift LCD
Display
003f 51 87         ACALL DELAY_100ms    ; Delay
0041 51 87         ACALL DELAY_100ms
0043 dc f8         DJNZ    R4,LOOP_LCD_R_SHF ; Do until 8 times
; Delay
0045 75 a0 00     MOV      P2,#00H
0048 75 90 00     MOV      P1,#00H
004b d2 90         SETB    P1.0
004d 75 56 00     MOV      56H,#00H

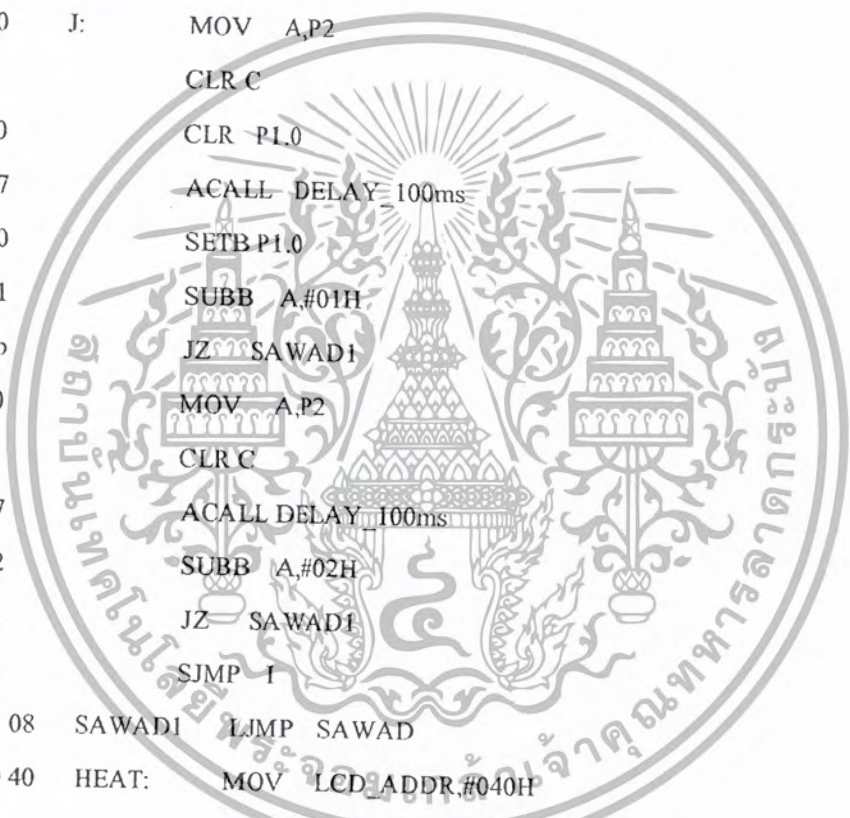
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0050 75 57 00      MOV  57H,#00H
0053 75 58 00      MOV  58H,#00H
0056 75 59 00      MOV  59H,#00H
0059 75 60 00      MOV  60H,#00H
005c 75 61 00      MOV  61H,#00H
005f 75 62 00      MOV  62H,#00H
0062 75 63 00      MOV  63H,#00H
0065 75 64 00      MOV  64H,#00H
0068 20 91 1b  I:   JB   P1.1,HEAT
006b e5 a0  J:   MOV  A,P2
006d c3          CLR  C
006e c2 90      CLR  P1.0
0070 51 87      ACALL DELAY_100ms
0072 d2 90      SETB P1.0
0074 94 01      SUBB A,#01H
0076 60 0b      JZ   SAWAD1
0078 e5 a0      MOV  A,P2
007a c3          CLR  C
007b 51 87      ACALL DELAY_100ms
007d 94 02      SUBB A,#02H
007f 60 02      JZ   SAWAD1
0081 80 e5      SJMP I
0083 02 01 08  SAWAD1 LJMP SAWAD
0086 75 30 40  HEAT:  MOV  LCD_ADDR,#040H
0089 51 4a      ACALL SET_ADDR_LCD
008b 90 02 c1   MOV          DPTR,#TITLE_6
008c 51 5f      ACALL WRLINE_LCD
0090 d2 90      SETB P1.0
0092 30 91 02  HEAT   JNB  P1.1,JJ
0095 80 fb      SJMP HEAT1
0097 75 30 40  JJ      MOV  LCD_ADDR,#040H
009a 51 4a      ACALL SET_ADDR_LCD
009c 90 02 a1   MOV          DPTR,#TITLE_2
009f 51 5f      ACALL WRLINE_LCD

```



```

00a1 02 00 6b          LJMP  J
00a4 75 80 00  LOOP1: MOV  P0,#00
00a7 51 09              ACALL LCD_CLR
00a9 75 30 00          MOV LCD_ADDR,#0000H
00ac 51 4a              ACALL SET_ADDR_LCD
00ae 90 01 e4          MOV DPTR,#DATA1
00b1 e5 63              MOV A,63H
00b3 93                MOVCA,@A+DPTR
00b4 f5 31              MOV LCD_DATA,A
00b6 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00b8 e5 62              MOV A,62H
00ba 93                MOVCA,@A+DPTR
00bb f5 31              MOV LCD_DATA,A
00bd 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00bf e5 61              MOV A,61H
00c1 93                MOVCA,@A+DPTR
00c2 f5 31              MOV LCD_DATA,A
00c4 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00c6 e5 60              MOV A,60H
00c8 93                MOVCA,@A+DPTR
00c9 f5 31              MOV LCD_DATA,A
00cb 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00cd e5 59              MOV A,59H
00cf 93                MOVCA,@A+DPTR
00d0 f5 31              MOV LCD_DATA,A
00d2 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00d4 e5 58              MOV A,58H
00d6 93                MOVCA,@A+DPTR
00d7 f5 31              MOV LCD_DATA,A
00d9 51 55              ACALL WRCHAR_LCD
00db e5 57              MOV A,57H
00dd 93                MOVCA,@A+DPTR
00de f5 31              MOV LCD_DATA,A
00e0 51 55              ACALL WRCHAR_LCD

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

00e2 e5 56          MOV A,56H
00e4 93            MOVCA,@A+DPTR
00e5 f5 31        MOV LCD_DATA,A
00e7 51 55        ACALL WRCHAR_LCD
00e9 75 30 40     MOV LCD_ADDR,#040H
00ec 51 4a        ACALL SET_ADDR_LCD
00ee 90 02 b9     MOV          DPTR,#TITLE_5
00f1 51 5f        ACALL WRLINE_LCD
00f3 e5 a0      POP:  MOV A,P2
00f5 54 01        ANL A,#01H
00f7 c3          CLR C
00f8 94 01        SUBB A,#01H
00fa 60 f7        JZ POP
00fc e5 a0        MOV A,P2
00fe 54 02        ANL A,#02H
0100 c3          CLR C
0101 94 02        SUBB A,#02H
0103 60 cc        JZ POP
0105 02 00 68     LJMP J
0108 e5 a0      SAWAD: MOV A,P2
010a 54 01        ANL A,#01H
010c c3          CLR C
010d 94 01        SUBB A,#01H
010f 60 0c        JZ KOK1
0111 e5 a0        MOV A,P2
0113 54 02        ANL A,#02H
0115 c3          CLR C
0116 94 02        SUBB A,#02H
0118 60 03        JZ KOK1
011a 02 00 a4     LJMP LOOP1
011d 85 56 f0     KOK1: MOV B,56H
0120 c3          CLR C
0121 74 01        MOV A,#01H
0123 c3          CLR C

```

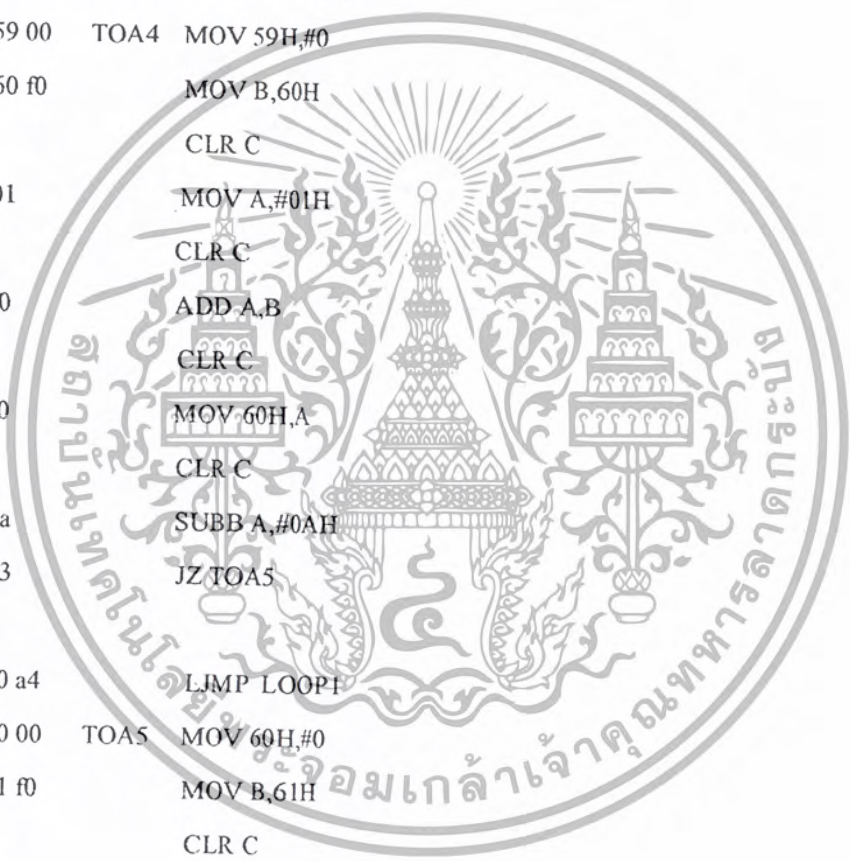


| | | | |
|------|----------|------|-------------|
| 0124 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 0126 | c3 | | CLR C |
| 0127 | f5 56 | | MOV 56H,A |
| 0129 | c3 | | CLR C |
| 012a | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 012c | 60 03 | | JZ TOA1 |
| 012e | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 0131 | 75 56 00 | TOA1 | MOV 56H,#0 |
| 0134 | 85 57 f0 | | MOV B,57H |
| 0137 | c3 | | CLR C |
| 0138 | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 013a | c3 | | CLR C |
| 013b | 25 f0 | | ADD A,B |
| 013d | c3 | | CLR C |
| 013e | f5 57 | | MOV 57H,A |
| 0140 | c3 | | CLR C |
| 0141 | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 0143 | 60 03 | | JZ TOA2 |
| 0145 | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 0148 | 75 57 00 | TOA2 | MOV 57H,#0 |
| 014b | 85 58 f0 | | MOV B,58H |
| 014e | c3 | | CLR C |
| 014f | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 0151 | c3 | | CLR C |
| 0152 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 0154 | c3 | | CLR C |
| 0155 | f5 58 | | MOV 58H,A |
| 0157 | c3 | | CLR C |
| 0158 | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 015a | 60 03 | | JZ TOA3 |
| 015c | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 015f | 75 58 00 | TOA3 | MOV 58H,#0 |
| 0162 | 85 59 f0 | | MOV B,59H |
| 0165 | c3 | | CLR C |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|------|----------|------|-------------|
| 0166 | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 0168 | c3 | | CLR C |
| 0169 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 016b | c3 | | CLR C |
| 016c | f5 59 | | MOV 59H,A |
| 016e | c3 | | CLR C |
| 016f | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 0171 | 60 03 | | JZ TOA4 |
| 0173 | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 0176 | 75 59 00 | TOA4 | MOV 59H,#0 |
| 0179 | 85 60 f0 | | MOV B,60H |
| 017c | c3 | | CLR C |
| 017d | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 017f | c3 | | CLR C |
| 0180 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 0182 | c3 | | CLR C |
| 0183 | f5 60 | | MOV 60H,A |
| 0185 | c3 | | CLR C |
| 0186 | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 0188 | 60 03 | | JZ TOA5 |
| 018a | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 018d | 75 60 00 | TOA5 | MOV 60H,#0 |
| 0190 | 85 61 f0 | | MOV B,61H |
| 0193 | c3 | | CLR C |
| 0194 | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 0196 | c3 | | CLR C |
| 0197 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 0199 | c3 | | CLR C |
| 019a | f5 61 | | MOV 61H,A |
| 019c | c3 | | CLR C |
| 019d | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 019f | 60 03 | | JZ TOA6 |



| | | | |
|------|----------|------|-------------|
| 01a1 | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 01a4 | 75 61 00 | TOA6 | MOV 61H,#0 |
| 01a7 | 85 62 f0 | | MOV B,62H |
| 01aa | c3 | | CLR C |
| 01ab | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 01ad | c3 | | CLR C |
| 01ae | 25 f0 | | ADD A,B |
| 01b0 | c3 | | CLR C |
| 01b1 | f5 62 | | MOV 62H,A |
| 01b3 | c3 | | CLR C |
| 01b4 | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 01b6 | 60 03 | | JZ TOA7 |
| 01b8 | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 01bb | 75 62 00 | TOA7 | MOV 62H,#0 |
| 01be | 85 63 f0 | | MOV B,63H |
| 01c1 | c3 | | CLR C |
| 01c2 | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 01c4 | c3 | | CLR C |
| 01c5 | 25 f0 | | ADD A,B |
| 01c7 | c3 | | CLR C |
| 01c8 | f5 63 | | MOV 63H,A |
| 01ca | c3 | | CLR C |
| 01cb | 94 0a | | SUBB A,#0AH |
| 01cd | 60 03 | | JZ TOA8 |
| 01cf | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |
| 01d2 | 75 63 00 | TOA8 | MOV 63H,#0 |
| 01d5 | 85 64 f0 | | MOV B,64H |
| 01d8 | c3 | | CLR C |
| 01d9 | 74 01 | | MOV A,#01H |
| 01db | c3 | | CLR C |
| 01dc | 25 f0 | | ADD A,B |
| 01de | c3 | | CLR C |
| 01df | f5 64 | | MOV 64H,A |
| 01e1 | 02 00 a4 | | LJMP LOOP1 |



```
01e4 30 31 32 33 DATA1: DB '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
```

```
01e8 34 35 36 37
```

```
01ec 38 39
```

```
-----  
; LCD Initialize  
-----
```

```
01ee 51 87 INIT_LCD: ACALL DELAY_100ms ; Delay
```

```
01f0 c2 b7 CLR LCD_RS ;
```

Clear LCD_RS Pin

```
01f2 75 80 38 MOV P0,#00111000B ; 8bit Mode
```

```
01f5 51 21 ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD
```

Clock

```
01f7 51 7c ACALL DELAY_10ms ; Delay
```

```
01f9 75 80 38 MOV P0,#00111000B ; 8bit Mode
```

```
01fc 51 21 ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD
```

Clock

```
01fe 51 19 ACALL LCD_OFF ; Display Off
```

```
0200 51 09 ACALL LCD_CLR ; Clear Display
```

```
0202 75 80 06 MOV P0,#00000110B ; Entry Mode
```

```
0205 51 21 ACALL LCD_CLK ; Pulse LCD
```

Clock

```
0207 51 11 ACALL LCD_HOME ; Return Home Display
```

```
-----  
; LCD Clear Display  
-----
```

```
0209 c2 b7 LCD_CLR: CLR LCD_RS ;
```

Clear LCD_RS Pin

```
020b 75 80 01 MOV P0,#00000001B ; Display Clear
```

```
020e 51 21 ACALL LCD_CLK ;
```

Pulse LCD Clock

```
0210 22 RET
```

```
-----  
; LCD Return Home  
-----
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0211 c2 b7   LCD_HOME:           CLR           LCD_RS
        ; Clear LCD_RS Pin

0213 75 80 02
Home
0216 51 21
        ACALL LCD_CLK
Pulse LCD Clock

0218 22
        RET
;-----
; LCD Display Off
;-----

0219 c2 b7   LCD_OFF:           CLR           LCD_RS
        ; Clear LCD_RS Pin

021b 75 80 08
021e 51 21
        MOV           P0,#00001000B ; Display Off
        ACALL LCD_CLK
Pulse LCD Clock

0220 22
        RET
;-----
; LCD CLK
;-----

0221 d2 b6   LCD_CLK:           SETB          LCD_EN
Pulse Clock to LCD_EN

0223 51 71
        ACALL LCD_DELAY
0225 c2 b6
        CLR           LCD_EN
0227 51 71
        ACALL LCD_DELAY
0229 22
        RET
;-----
; LCD Display On
;-----

022a c2 b7   LCD_ON:           CLR           LCD_RS
        ; Clear LCD_RS Pin

022c 75 80 0c
022f 51 21
        MOV           P0,#00001100B ; Display On
        ACALL LCD_CLK
0231 22
        RET

```



; LCD Cursor On

```
0232 c2 b7 LCD_BLINK: CLR LCD_RS
```

; Clear LCD_RS Pin

```
0234 75 80 0f MOV P0,#00001111B ; Display
```

Cursor and Blink

```
0237 51 21 ACALL LCD_CLK ;
```

Pulse LCD Clock

```
0239 22 RET
```

; LCD Left Shift Display

```
023a c2 b7 LCD_LSHP: CLR LCD_RS
```

; Clear LCD_RS Pin

```
023c 75 80 18 MOV P0,#00011000B ; Left Shift
```

Display

```
023f 51 21 ACALL LCD_CLK ;
```

Pulse LCD Clock

```
0241 22 RET
```

; LCD Right Shift Display

```
0242 c2 b7 LCD_RSHP: CLR LCD_RS
```

; Clear LCD_RS Pin

```
0244 75 80 1c MOV P0,#00011100B ; Right Shift
```

Display

```
0247 51 21 ACALL LCD_CLK ;
```

Pulse LCD Clock

```
0249 22 RET
```

; Set LCD Address

```
; I/P: LCD_ADDR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

024a c2 b7   SET_ADDR_LCD:      CLR      LCD_RS
           ; Clear LCD_RS Pin

024c e5 30   MOV      A,LCD_ADDR      ;
Move LCD_ADDR to ACC.

024e d2 e7   SETB   ACC.7             ; Set bit
ACC.7

0250 f5 80   MOV      P0,A             ;
Move to DATABUS

0252 51 21   ACALL  LCD_CLK           ;
Pulse LCD Clock

0254 22      RET
;-----
; Write Character to show LCD
; I/P:      LCD_DATA
;-----
0255 d2 b7   WRCHAR_LCD:      SETB   LCD_RS             ; Set
LCD_RS Pin

0257 85 31 80 MOV      P0,LCD_DATA      ;
Move LCD_DATA to DATABUS

025a 51 21   ACALL  LCD_CLK           ;
Pulse LCD Clock

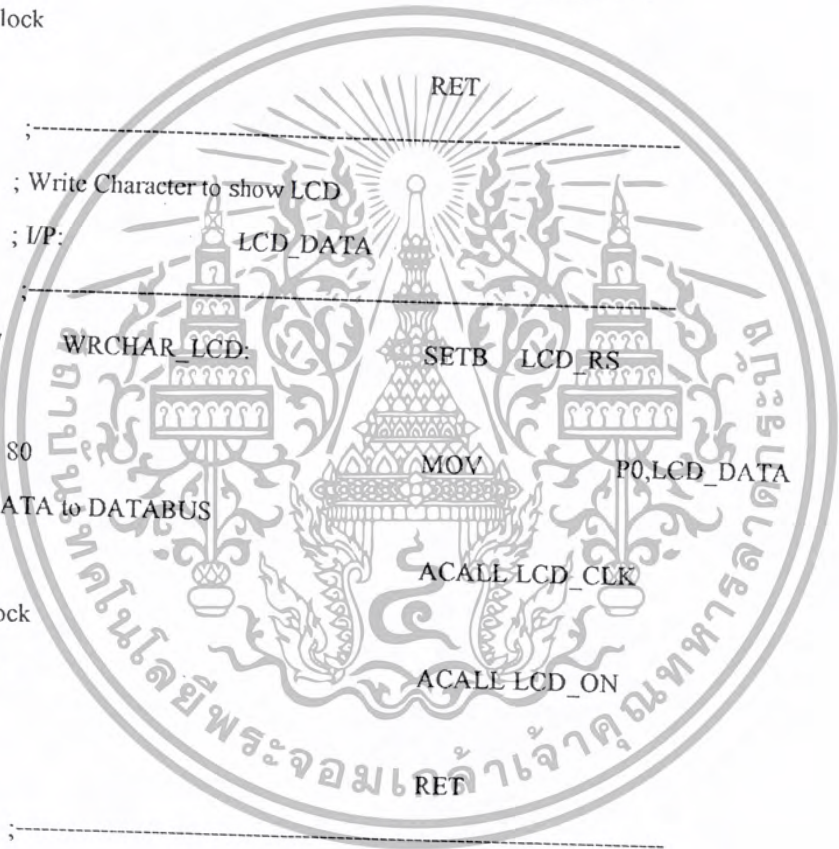
025c 51 2a   ACALL  LCD_ON           ;
Display On

025e 22      RET
;-----
; Write Line of 16 Character from ROM
; I/P:      DPTR : Locate ROM Address
;-----
025f 78 00   WRLINE_LCD:      MOV      R0,#0           ;
Clear loop counter

0261 d2 b7   WRLINE_LCD_1:    SETB   LCD_RS             ; Set
LCD_RS Pin

0263 e4      CLR      A
; Clear ACC.

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0264 93          MOV C A,@A+DPTR          ; Move data
from @DPTR to ACC.
0265 f5 80      MOV          P0,A          ;
Move ACC. to DATABUS
0267 51 21      ACALL LCD_CLK          ;
Pulse LCD Clock
0269 a3         INC          DPTR          ;
Increase Pointer
026a 08         INC          R0          ;
; Increase loop counter
026b b8 08 f3   CJNE   R0,#8,WRLINE_LCD_1 ; Do until
026c 51 2a      ACALL LCD_ON          ;
Display On
0270 22        RET
;
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s
;
0271 7f 02     LCD_DELAY:   MOV          R7,#002          ; Do 2 times
0273 7e c6     LCD_DELAY_1:  MOV          R6,#0E6H          ; Each loop =
1 ms
0275 00     LCD_DELAY_2:   NOP
0276 00     NOP
0277 dc fc     DJNZ   R6,LCD_DELAY_2
0279 df f8     DJNZ   R7,LCD_DELAY_1
027b 22     RET
027c 7f 0a     DELAY_10ms:  MOV          R7,#010          ; Do 10 times
027e 7e c6     DELAY_10ms_1:  MOV          R6,#0E6H          ; Each loop =
1 ms
0280 00     DELAY_10ms_2:  NOP
0281 00     NOP
0282 dc fc     DJNZ   R6,DELAY_10ms_2
0284 df f8     DJNZ   R7,DELAY_10ms_1
0286 22     RET

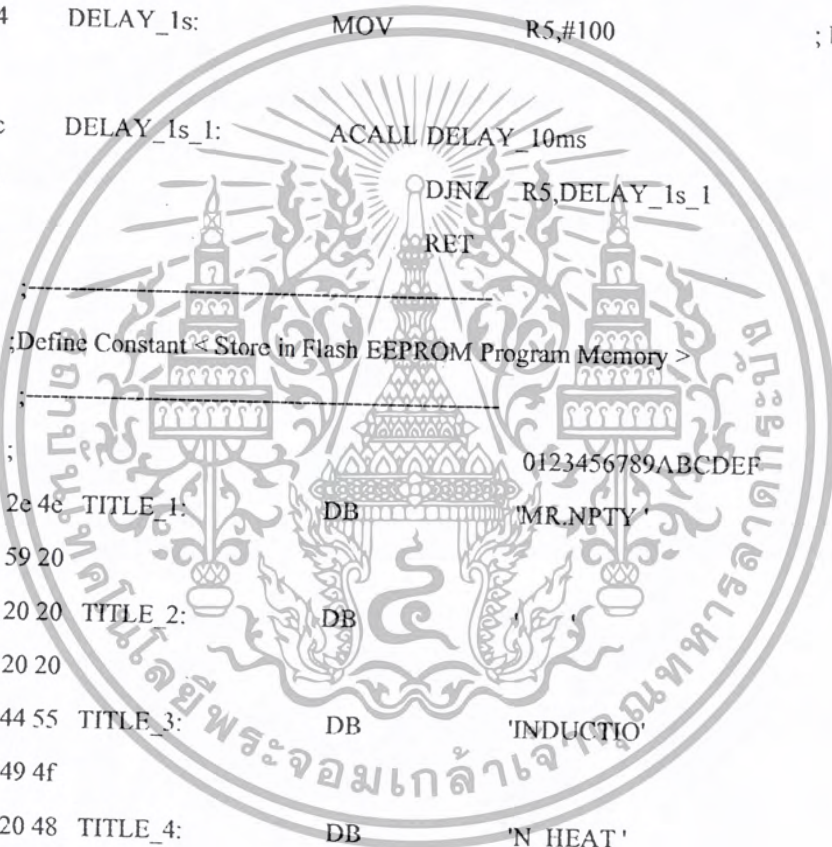
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0287 7f 64    DELAY_100ms:    MOV     R7,#100           ; Do 100
times
0289 7e e6    DELAY_100ms_1:    MOV     R6,#0E6H         ; Each loop =
1 ms
028b 00      DELAY_100ms_2:    NOP
028c 00      NOP
028d de fc      DJNZ   R6,DELAY_100ms_2
028f df f8      DJNZ   R7,DELAY_100ms_1
0291 22      RET
0292 7d 64    DELAY_1s:         MOV     R5,#100         ; Do 100
times
0294 51 7c    DELAY_1s_1:      ACALL  DELAY_10ms
0296 dd fc      DJNZ   R5,DELAY_1s_1
0298 22      RET
;-----
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-----
;
0299 4d 52 2e 4e TITLE_1:    DB     'MR.NPTY'
029d 50 54 59 20
02a1 20 20 20 20 TITLE_2:    DB
02a5 20 20 20 20
02a9 49 4e 44 55 TITLE_3:    DB     'INDUCTIO'
02ad 43 54 49 4f
02b1 4e 20 20 48 TITLE_4:    DB     'N HEAT'
02b5 45 41 54 20
02b9 20 4e 55 4d TITLE_5:    DB     'NUMBER'
02bd 42 45 52 20
02c1 48 45 41 54 TITLE_6:    DB     'HEAT NOW'
02c5 20 4e 4f 57

```



บทที่ 4

การทดลอง

การทดลองที่ 4.1 การทดสอบขุมแข็งผิวเหล็กพร้อมทั้งเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์
วัตถุประสงค์

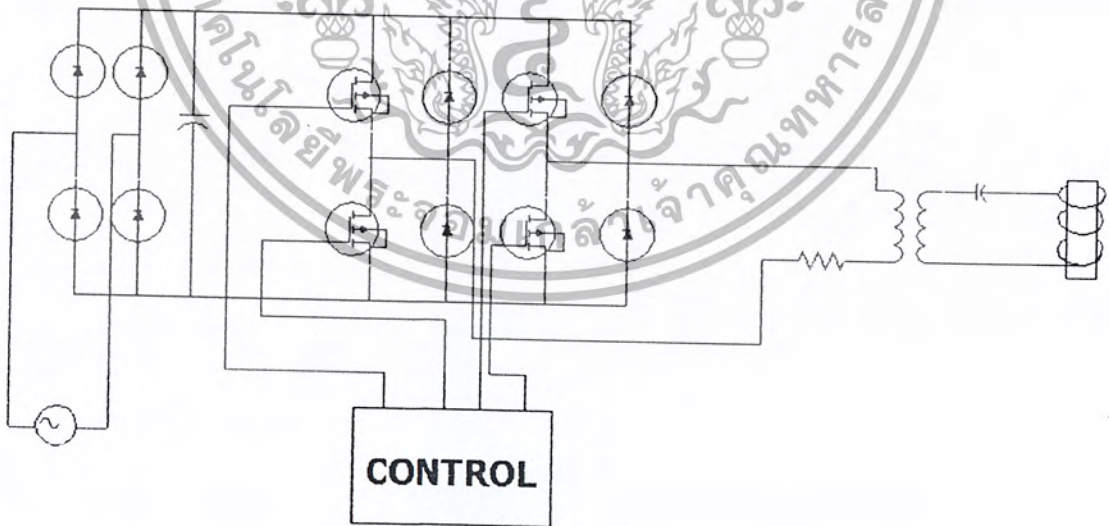
1. ทดสอบเพื่อวิเคราะห์การทำงานของระบบที่เป็นอัตโนมัติทั้งหมด
2. เพื่อหาจุดบกพร่องของระบบได้ขณะเครื่องทำงาน

ขั้นตอนการทำงาน

1. เปิดสวิตช์การทำงานของชุดคอมพิวเตอร์
2. ทำการ set ค่าเวลาในการ Heat ที่คอมพิวเตอร์
3. ทำการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ
4. ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของกระแส โดยให้ระบบแจ้งเตือนเครื่องเอง

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

1. VARIAC ขนาด 10 Amp
2. STORAGE-SCOPE
3. METER DIGITAL
4. ชุดเคลื่อนย้ายชิ้นงานอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์และ ไมโครคอนโทรลเลอร์

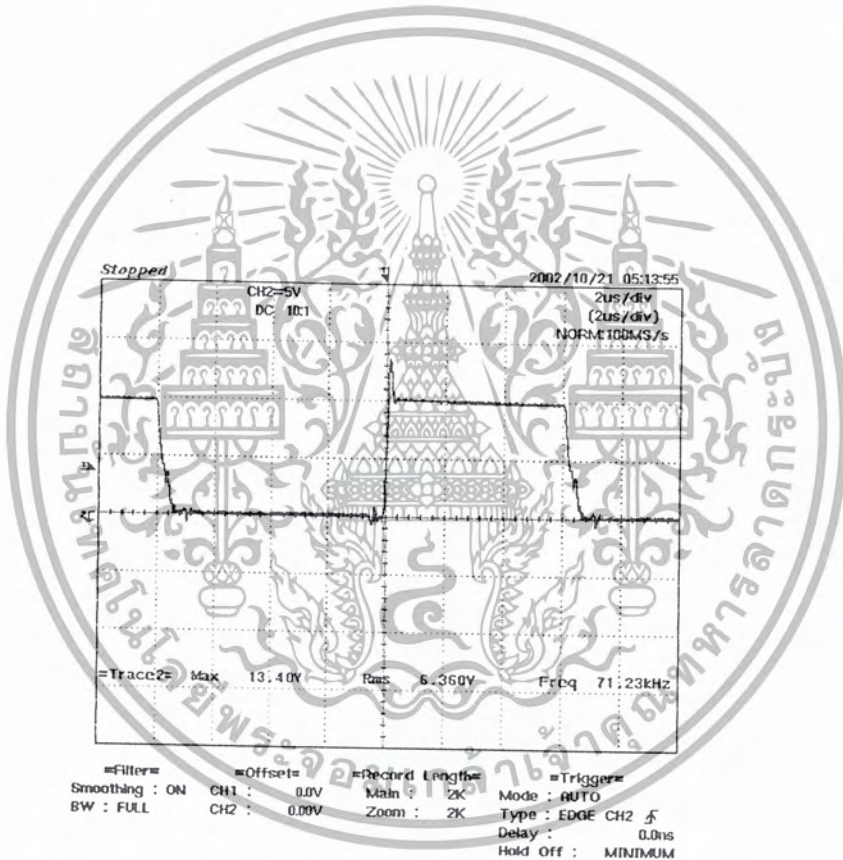


รูปที่ 4.1 วงจรที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

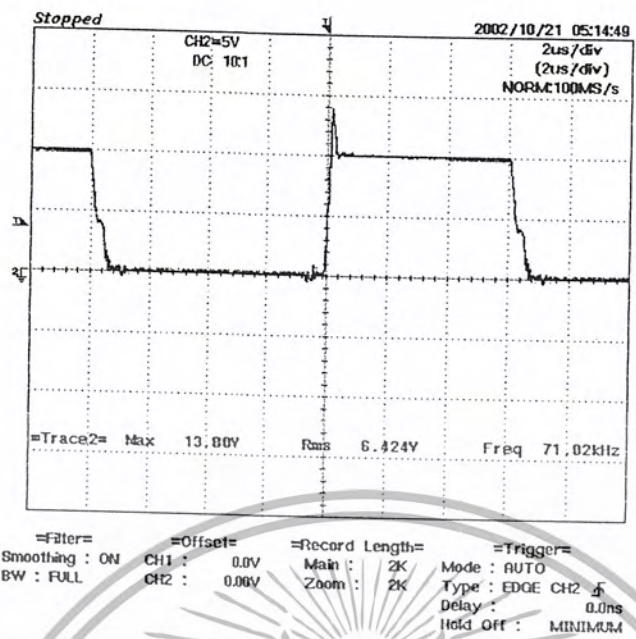
ผลการทดลองที่ 4.1

เมื่อยกชิ้นงานรอกเพื่อ heat ก็มีกรเปิดกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ 220 volt ต่อจากนี้ชิ้นงานถูกให้ความร้อนที่ผิวที่ละอัน ซึ่งกระแสของระบบก็จะเพิ่มขึ้นทีละน้อย คามการควบคุมการปรับความถี่อติ โนมัลด์ ซึ่งลักษณะตามรูปเป็นลักษณะการเพิ่มกระแสและยังมีรูปคลื่นความถี่ที่ออกจาก TL 494 โดยระบบจะลดความถี่อติ โนมัลด์อย่างช้าๆจนถึงจุดไคลริ์โซแนนท์เกิดที่ 78 KHZ (fo)



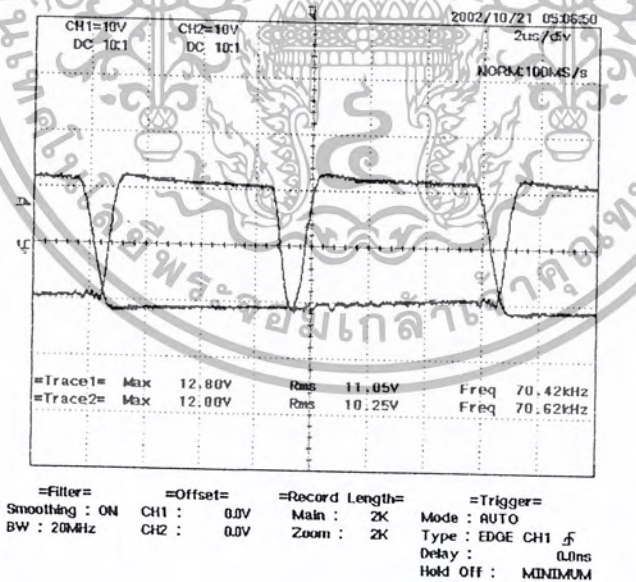
รูปที่ 4.2 คลื่นที่ได้จากการต่อวงจรของ IC TL 494 ที่ขา 9 เพื่อไปขับขาเกตของ IRF 510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 คลื่นที่ได้จากการต่อวงจรของ IC TL 494 ที่ขา 10 เพื่อไปขับขาเกตของ IRF

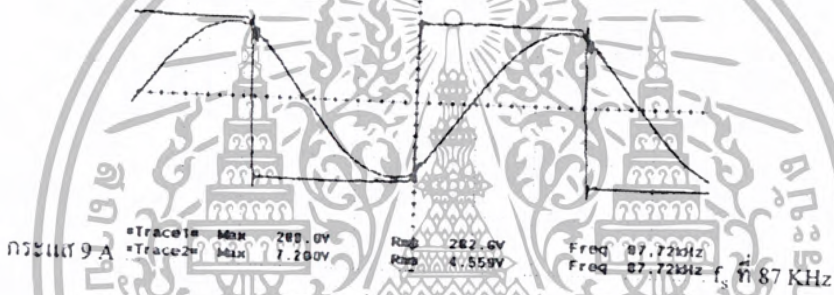
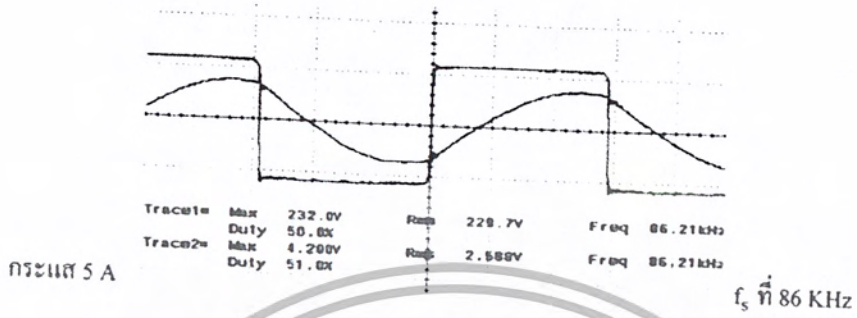
510



รูปที่ 4.4 คลื่นที่ได้จากการผ่านหม้อแปลง EEL 16 และเชื่อมต่อกับมอสเฟตกำลัง IRFP 460

แต่ยังไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ขาเดรน และขาซอส ของ IRFP 460

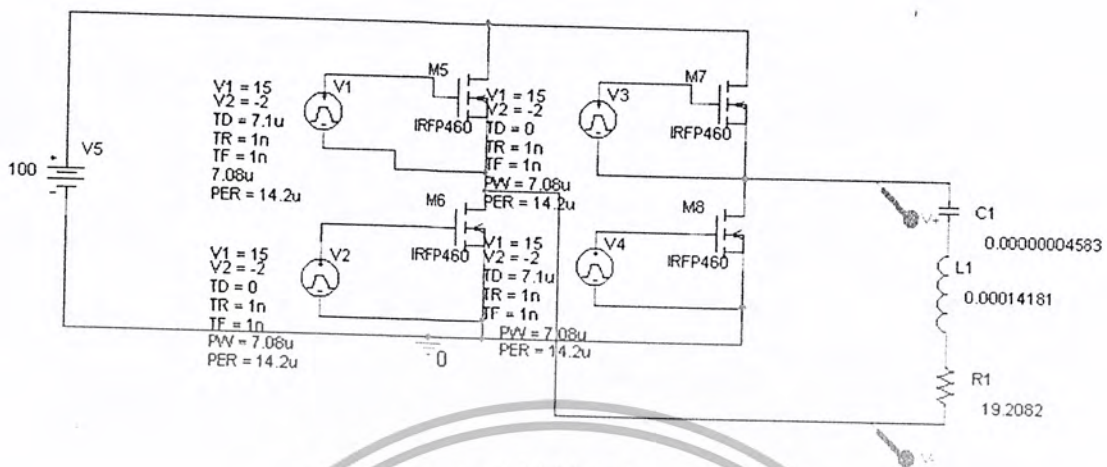
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



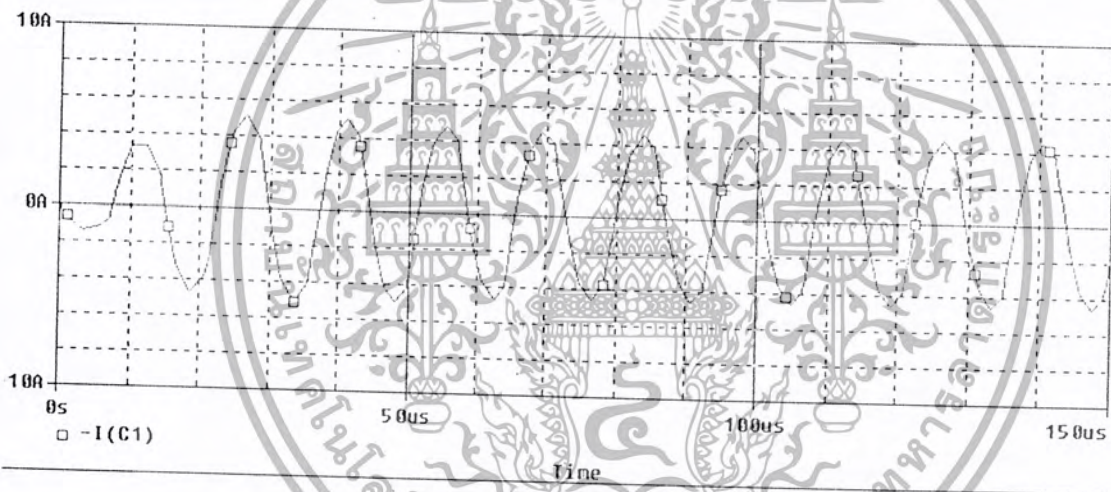
รูปที่ 4.5 กลิ่นกระแสและแรงดันเมื่อทำการชูนั่งเชิงผิวโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

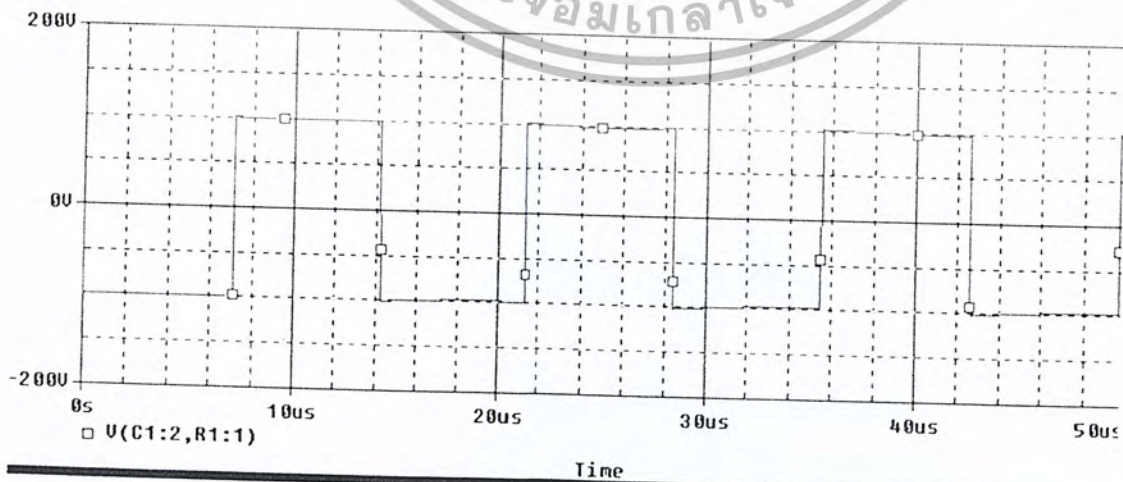
ผลการทดลองที่ได้จากการ simulation



FFT CIRCUIT (AT 3 A)

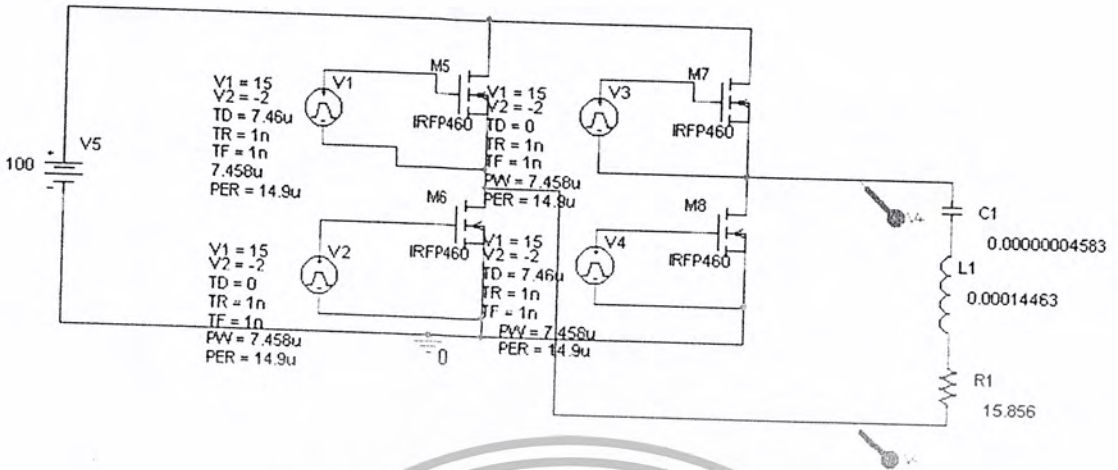


FFT I (AT 3 A)

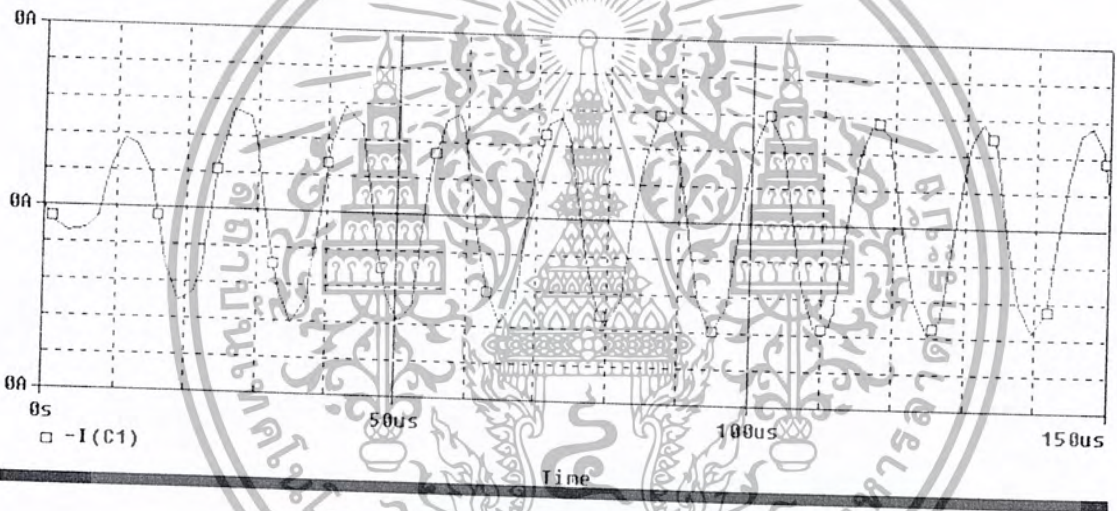


FFT V (AT 3A)

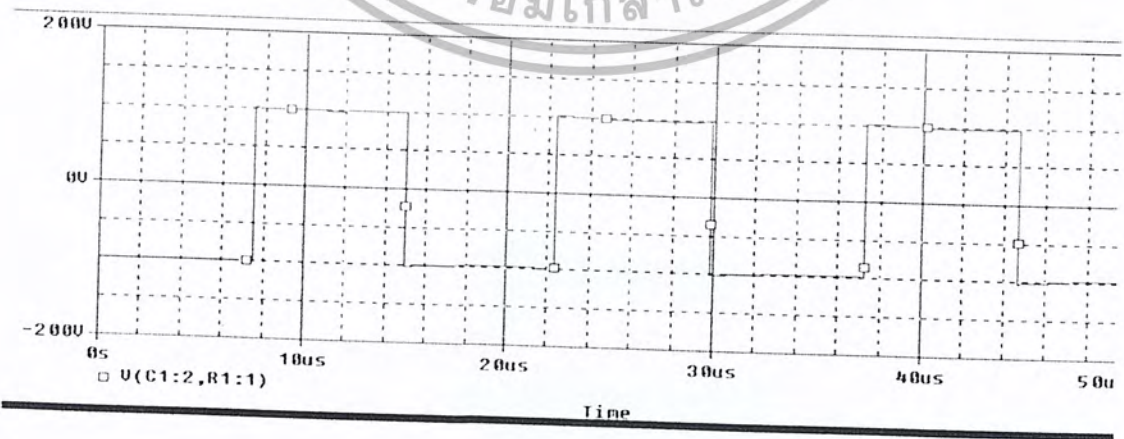
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FFT CIRCUIT (AT 5 A)

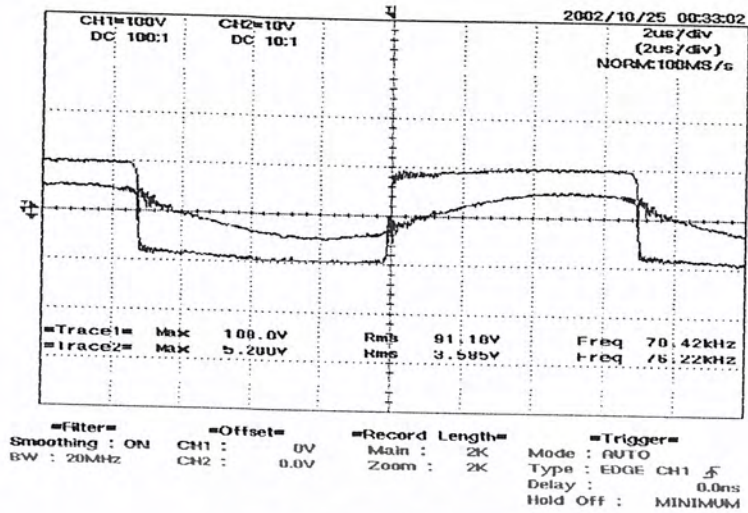


FFT I (AT 5 A)

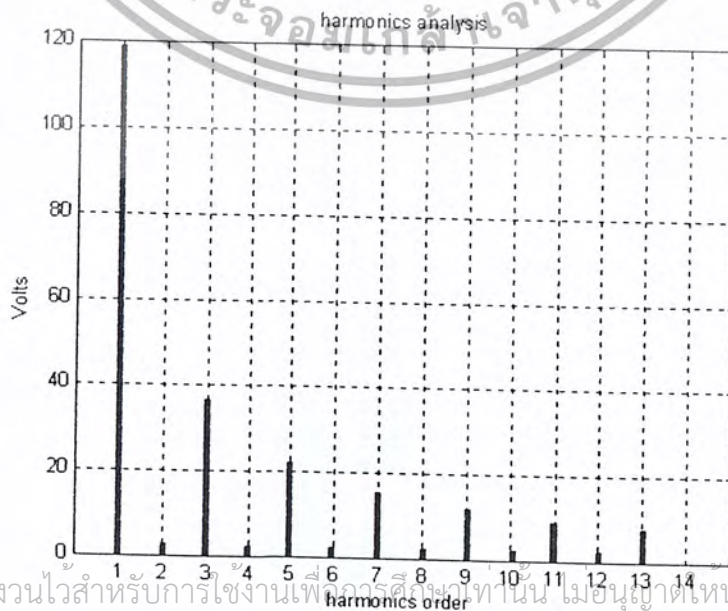
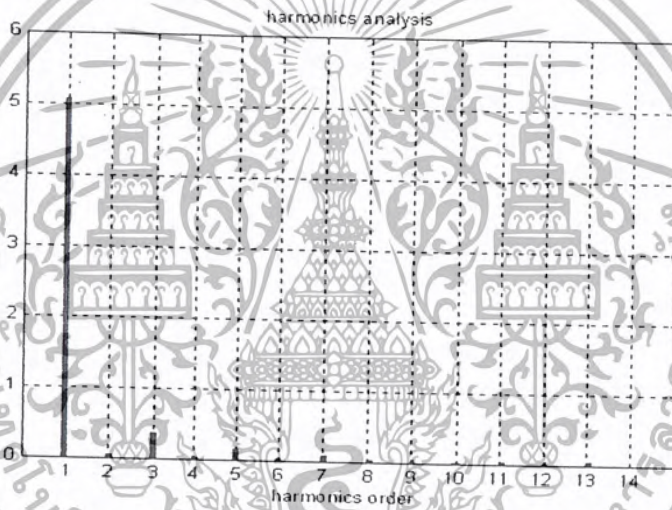


FFT V (AT 5 A)

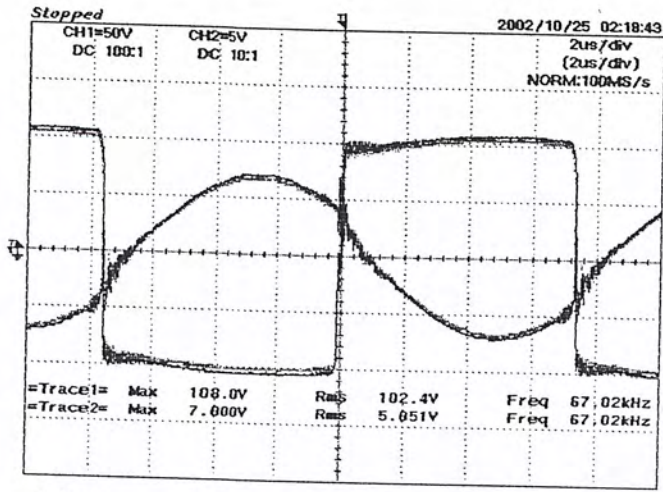
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



WAVE FORM OF V AND I (AT 3 A)

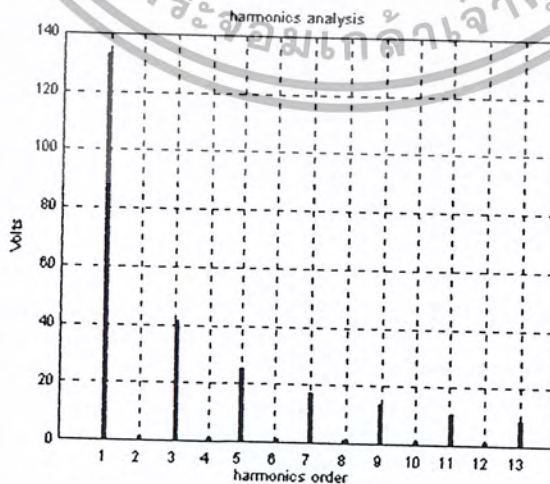
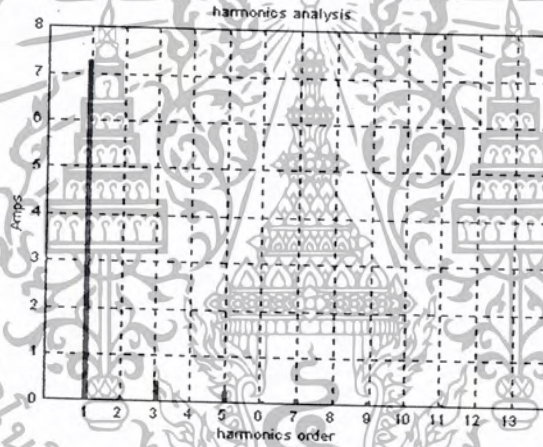


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= Smoothing : ON BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.0V CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 2K Zoom : 2K
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

WAVE FORM OF V AND I (AT 5 A)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนียวน้ำที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องที่พัฒนาให้มีการเปลี่ยนชิ้นงานได้อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อที่จะได้สั่งงานได้โดยตรงและไม่ต้องไปควบคุมที่หน้างานเราแค่ควบคุมอยู่ในห้องควบคุมก็สามารถ ضبطแรงเหล็กได้ โดยเครื่องให้ความร้อนนี้ต่างจากเครื่องให้ความร้อนทั่วไปตรงที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทอสเฟตกำลังสามารถควบคุมลักษณะการให้ความร้อนได้เฉพาะตามต้องการ และไม่เกิดมลภาวะ โดยในการออกแบบอินเวอร์เตอร์มุ่งเน้นทำงานที่ความถี่สูงเพื่อสามารถ ضبطแรงผิวโลหะได้

จากการทดลองต่างๆพอสรุปได้ว่าที่สภาวะไร้โหลด กระแสจะเพิ่มขึ้นหลายเท่า และถ้าที่แห่งเหล็กมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานสมมูลย์ของขดลวดให้ความร้อนและชิ้นงานมีขนาดสูงขึ้นและมุมประกอบกำลังระหว่างกระแสและแรงดันมากขึ้น ผลที่ได้จากการปฏิบัติคือค่ากระแสลดลงจนเมื่อชิ้นงานได้รับความร้อนถึงจุดคูรี ค่าความซึมซาบทางแม่เหล็กของชิ้นงานจะลดลง เป็นค่าความซึมซาบของสูญญากาศ มีผลทำให้ความต้านทานสมมูลย์ของขดลวดให้ความร้อนและชิ้นงานมีค่าลดลง ทำให้กระแสเพิ่มขึ้นหลายเท่าคล้ายกับสภาวะไร้โหลด

จากสภาวะดังกล่าวเราจึงต้องมีระบบป้องกันเรียกว่าระบบ feed back control โดยใช้หลักการของ PI control มาควบคุมกระแส

ระบบตัวเครื่องเปลี่ยนชิ้นงานอัตโนมัติมีความสำคัญมากในตัวโปรเจกนี้ จากการทดลองตัวเคลื่อนย้ายชิ้นงานตัวนี้มีความทันสมัยและสะดวกสบายต่อระบบงานที่ต้องการความสะดวกและถูกต้องและมีการปรับเปลี่ยนบ่อยครั้ง คุณสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความฉลาดของตัวโปรแกรมที่เขียนในคอมพิวเตอร์ และความฉลาดหนึ่งที่จะทำให้การ heat นั้นสมบูรณ์แบบ

ข้อเสนอในการปรับปรุง

1. การเปลี่ยนชิ้นงานเข้าแต่ละชิ้นควรใช้แขนกลลำเลียงหรือใช้สายพานลำเลียงชิ้นงานเข้า HOME หรือ HOLE
2. การควบคุมการส่งผ่านจากคอมพิวเตอร์ไปยังตัวงานจะต้องลดจำนวนสายลง
3. พัฒนาโปรแกรมให้ถึงขั้นขายได้เพื่อลดการนำเข้า

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เครื่องให้ความร้อนแบบเหนียวน้ำที่สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไป ضبطแรงผิวชิ้นงานที่มี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 30 มม ได้
2. Heat ชิ้นงานได้คราวละมากๆ ด้วยเวลาอันรวดเร็ว
3. เพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ควบคุม
4. สามารถนำไปผลิตเพื่อใช้งานอุตสาหกรรมได้อย่างแพร่หลายทั้งภายในและ ต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

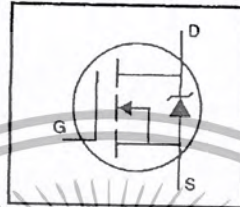
1. John Davies & Peter Simpson, "Induction Heating Handbook" McGraw - Hill, New York, 1979
2. ECG Products Philips Consumer Electronics Company
3. มงคล อาทิกานู, "นิวแมติกส์ 1", บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, 2540
4. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ถิมพรจิตรวิไล, MCS - 51 Microcontroller Theory & Practical Approach: Atmel AT89C5X
5. คอนสัน ปงผาบ, การเขียน โปรแกรมภาษาซีในงานควบคุม
6. กฤษดา ใจเย็น และ ชัยวัฒน์ ถิมพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนาน
7. กิตติ ภัคตีวัฒนกุล, Visual Basic 5 ฉบับโปรแกรมเมอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements

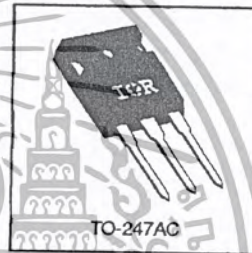


| |
|---------------------------|
| $V_{DSS} = 500V$ |
| $R_{DS(on)} = 0.27\Omega$ |
| $I_D = 20A$ |

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



DATA SHEETS

Absolute Maximum Ratings

| Parameter | Max. | Units |
|--|-----------------------|-------|
| $I_D @ T_C = 25^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 20 | A |
| $I_D @ T_C = 100^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 13 | A |
| I_{DM} Pulsed Drain Current $\text{\textcircled{D}}$ | 80 | A |
| $P_D @ T_C = 25^\circ C$ Power Dissipation | 280 | W |
| Linear Derating Factor | 2.2 | W/°C |
| V_{GS} Gate-to-Source Voltage | ± 20 | V |
| E_{AS} Single Pulse Avalanche Energy $\text{\textcircled{D}}$ | 960 | mJ |
| I_{AR} Avalanche Current $\text{\textcircled{D}}$ | 20 | A |
| E_{AR} Repetitive Avalanche Energy $\text{\textcircled{D}}$ | 28 | mJ |
| dv/dt Peak Diode Recovery dv/dt $\text{\textcircled{D}}$ | 3.5 | V/ns |
| T_J Operating Junction and Storage Temperature Range | -55 to +150 | °C |
| Soldering Temperature, for 10 seconds | 300 (1.6mm from case) | |
| Mounting Torque, 6-32 or M3 screw | 10 lbf·in (1.1 N·m) | |

Thermal Resistance

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|------|------|------|-------|
| $R_{\theta JC}$ Junction-to-Case | — | — | 0.45 | °C/W |
| $R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | — | 0.24 | — | |
| $R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient | — | — | 40 | |

IRFP460



Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Test Conditions |
|---------------------------------|------|------|------|----------|--|
| $V_{(BR)DSS}$ | 500 | — | — | V | $V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$ |
| $\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$ | — | 0.63 | — | V/°C | Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1mA$ |
| $R_{DS(on)}$ | — | — | 0.27 | Ω | $V_{GS}=10V, I_D=12A$ ④ |
| $V_{GS(th)}$ | 2.0 | — | 4.0 | V | $V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$ |
| g_{fs} | 13 | — | — | S | $V_{DS}=50V, I_D=12A$ ④ |
| I_{DSS} | — | — | 25 | μA | $V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$ |
| I_{GSS} | — | — | 250 | μA | $V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$ |
| Q_g | — | — | 100 | nA | $V_{GS}=20V$ |
| Q_{gs} | — | — | 210 | nA | $V_{GS}=20V$ |
| Q_{gd} | — | — | 29 | nC | $I_D=20A, V_{DS}=400V$ |
| $t_{d(on)}$ | — | — | 110 | ns | $V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④ |
| t_r | — | 18 | — | ns | $V_{DD}=250V, I_D=20A$ |
| $t_{d(off)}$ | — | 59 | — | ns | $R_G=4.3\Omega$ |
| t_f | — | 110 | — | ns | $R_D=13\Omega$ See Figure 10 ④ |
| L_D | — | 5.0 | — | nH | Between lead, 6 mm (0.25 in.) from package and center of die contact |
| L_S | — | 13 | — | nH | Between lead, 6 mm (0.25 in.) from package and center of die contact |
| C_{iss} | — | 4200 | — | pF | $V_{GS}=0V$ |
| C_{oss} | — | 870 | — | pF | $V_{DS}=25V$ |
| C_{rss} | — | 350 | — | pF | $f=1.0MHz$ See Figure 5 |

Source-Drain Ratings and Characteristics

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Test Conditions |
|-----------|------|------|------|---------|---|
| I_S | — | — | 20 | A | MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. |
| I_{SM} | — | — | 80 | A | |
| V_{SD} | — | — | 1.8 | V | $T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A, V_{GS}=0V$ ④ |
| t_{rr} | — | 570 | 860 | ns | $T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A$ |
| Q_{rr} | — | 5.7 | 8.6 | μC | $di/dt=100A/\mu s$ ④ |
| t_{on} | — | — | — | ns | Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D) |

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② $V_{DD}=50V, \text{ starting } T_J=25^\circ\text{C}, L=4.3mH, R_G=25\Omega, I_{AS}=20A$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD}\leq 20A, di/dt\leq 160A/\mu s, V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}, T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

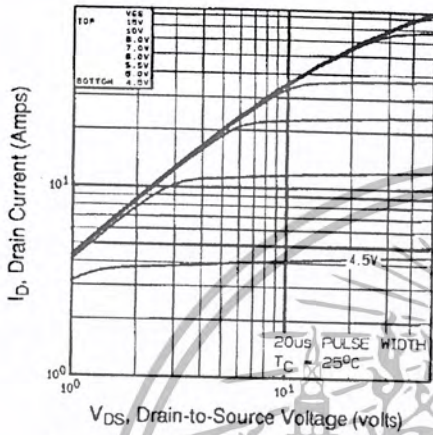


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

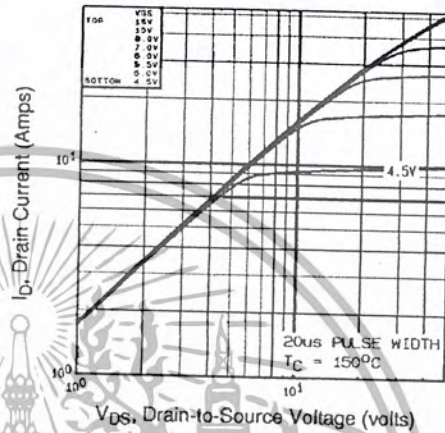


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=150^\circ\text{C}$

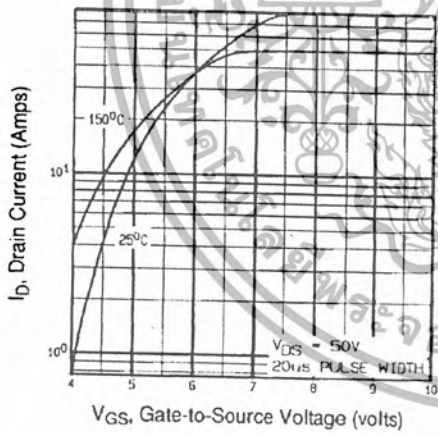


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

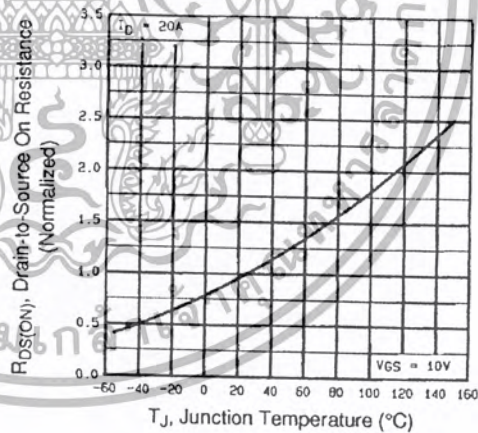


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

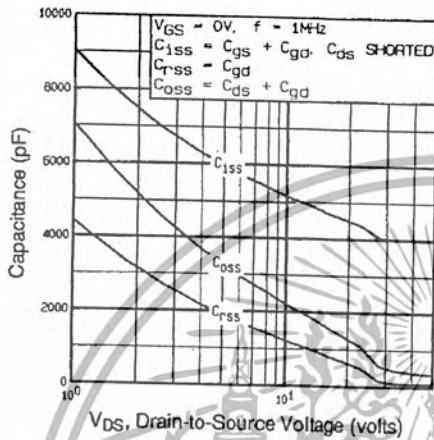


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

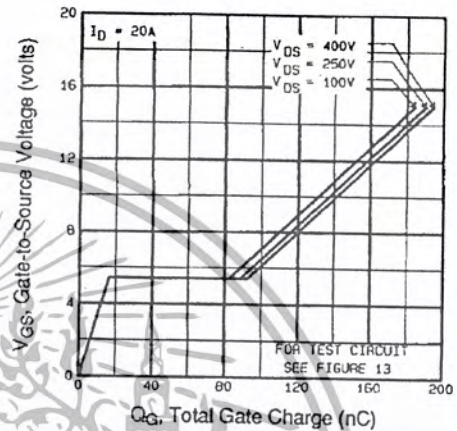


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

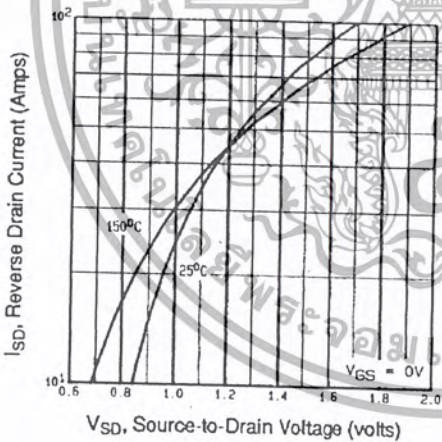


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

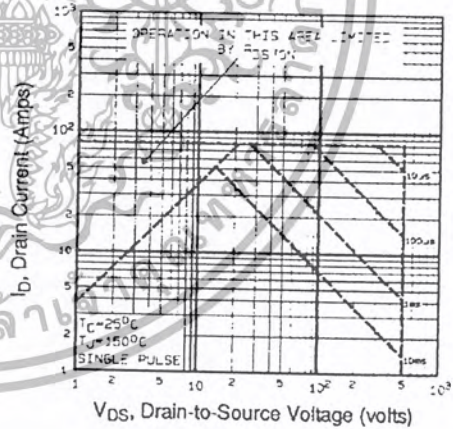


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

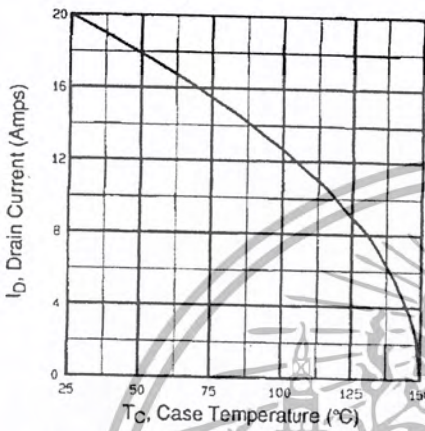


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

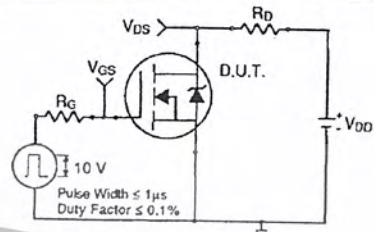


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

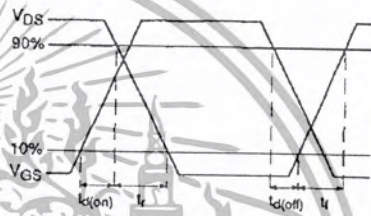


Fig 10b. Switching Time Waveforms

DATA SHEETS

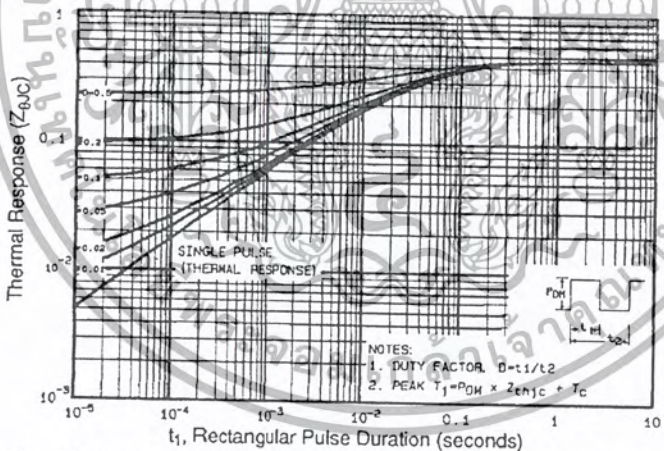


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

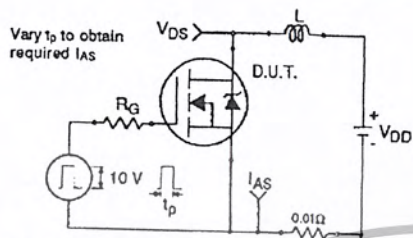


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

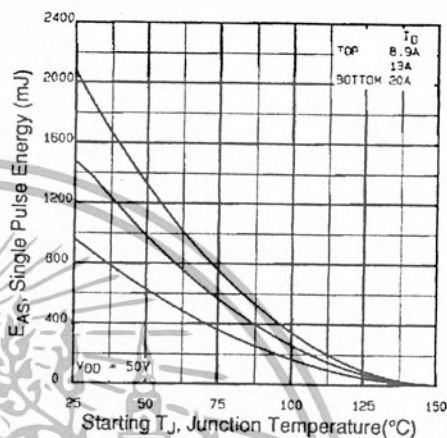


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

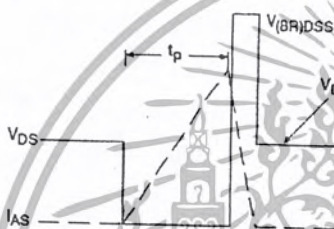


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

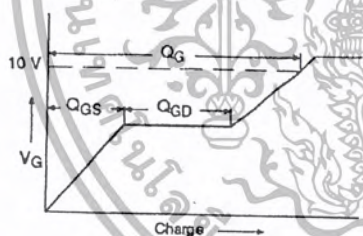


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

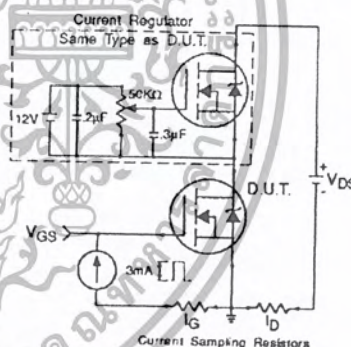


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

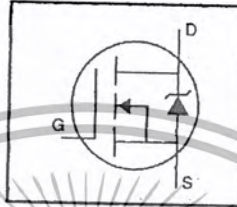
Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1511

Appendix C: Part Marking Information – See page 1517

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$V_{DSS} = 100V$

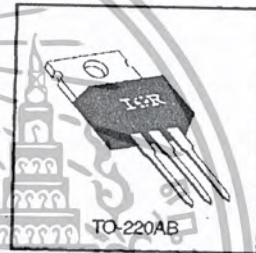
$R_{DS(on)} = 0.54\Omega$

$I_D = 5.6A$

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



DATA SHEETS

Absolute Maximum Ratings

| Parameter | Max. | Units |
|--|-----------------------|-------|
| $I_D @ T_C = 25^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 5.6 | A |
| $I_D @ T_C = 100^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 4.0 | A |
| I_{DM} Pulsed Drain Current ① | 20 | A |
| $P_D @ T_C = 25^\circ C$ Power Dissipation | 43 | W |
| Linear Derating Factor | 0.29 | W/°C |
| V_{GS} Gate-to-Source Voltage | ±20 | V |
| E_{AS} Single Pulse Avalanche Energy ② | 100 | mJ |
| I_{AR} Avalanche Current ③ | 5.6 | A |
| E_{AR} Repetitive Avalanche Energy ④ | 4.3 | mJ |
| dv/dt Peak Diode Recovery dv/dt ⑤ | 5.5 | V/ns |
| T_J Operating Junction and Storage Temperature Range | -55 to +175 | °C |
| Soldering Temperature, for 10 seconds | 300 (1.6mm from case) | |
| Mounting Torque, 6-32 or M3 screw | 10 lbf·in (1.1 N·m) | |

Thermal Resistance

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|------|------|------|-------|
| $R_{\theta JC}$ Junction-to-Case | — | — | 3.5 | °C/W |
| $R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | — | 0.50 | — | |
| $R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient | — | — | 62 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRF510



Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Test Conditions |
|--------------------------------------|------|------|------|-------|---|
| V _{(BR)DSS} | 100 | — | — | V | V _{GS} =0V, I _D =250μA |
| ΔV _{(BR)DSS/ΔT_J} | — | 0.12 | — | V/°C | Reference to 25°C, I _D =1mA |
| R _{DS(on)} | — | — | 0.54 | Ω | V _{GS} =10V, I _D =3.4A ④ |
| V _{GS(th)} | 2.0 | — | 4.0 | V | V _{DS} =V _{GS} , I _D =250μA |
| g _{fs} | 1.3 | — | — | S | V _{DS} =50V, I _D =3.4A ④ |
| I _{DSS} | — | — | 25 | μA | V _{DS} =100V, V _{GS} =0V |
| I _{DSS} | — | — | 250 | μA | V _{DS} =80V, V _{GS} =0V, T _J =150°C |
| I _{GSS} | — | — | 100 | nA | V _{GS} =20V |
| I _{GSS} | — | — | -100 | nA | V _{GS} =-20V |
| Q _g | — | — | 6.3 | nC | I _D =5.6A |
| Q _{gs} | — | — | 2.3 | nC | V _{DS} =80V |
| Q _{gd} | — | — | 3.8 | nC | V _{GS} =10V See Fig. 6 and 13 ④ |
| t _{d(on)} | — | 6.9 | — | ns | V _{DS} =50V |
| t _r | — | 16 | — | ns | I _D =5.6A |
| t _{d(off)} | — | 15 | — | ns | R _G =24Ω |
| t _f | — | 9.4 | — | ns | R _D =8.4Ω See Figure 10 ④ |
| L _D | — | 4.5 | — | nH | Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact |
| L _S | — | 7.5 | — | nH | |
| C _{iss} | — | 180 | — | pF | V _{GS} =0V |
| C _{oss} | — | 81 | — | pF | V _{DS} =25V |
| C _{rss} | — | 15 | — | pF | f=1.0MHz See Figure 5 |

Source-Drain Ratings and Characteristics

| Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Test Conditions |
|-----------------|------|------|------|-------|--|
| I _S | — | — | 5.6 | A | MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. |
| I _{SM} | — | — | 20 | A | |
| V _{SD} | — | — | 2.5 | V | T _J =25°C, I _S =5.6A, V _{GS} =0V ④ |
| t _{rr} | — | 100 | 200 | ns | T _J =25°C, I _F =5.6A |
| Q _{rr} | — | 0.44 | 0.88 | μC | di/dt=100A/μs ④ |
| t _{on} | — | — | — | ns | Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S +L _D) |

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② V_{DS}=25V, starting T_J=25°C, L=4.8mH, R_G=25Ω, I_{AS}=5.6A (See Figure 12)
- ③ I_{SD}≤5.6A, di/dt≤75A/μs, V_{DD}≤V_{(BR)DSS}, T_J≤175°C
- ④ Pulse width ≤ 300 μs; duty cycle ≤2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

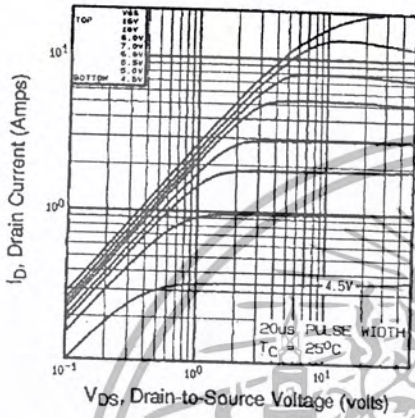


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

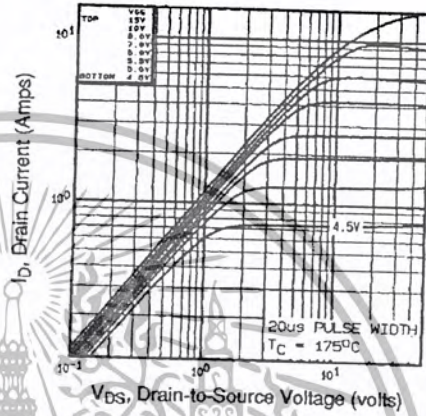


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=175^\circ\text{C}$

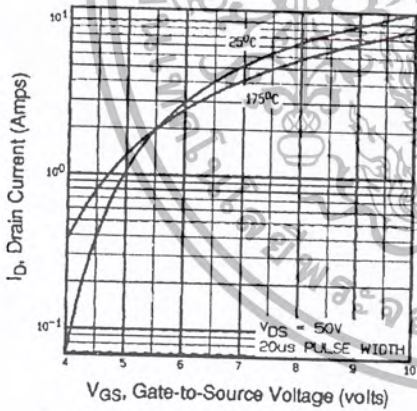


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

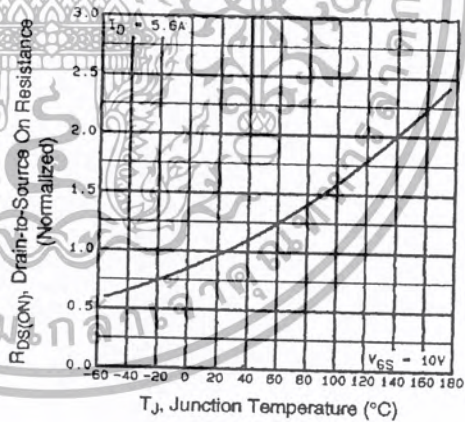


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

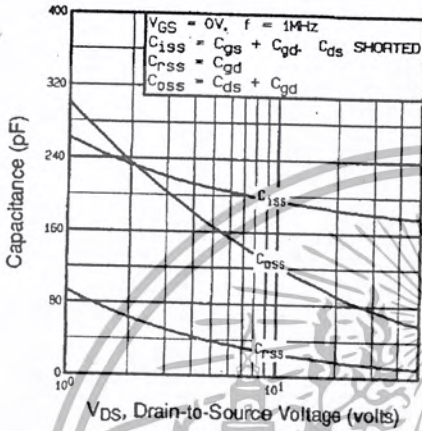


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

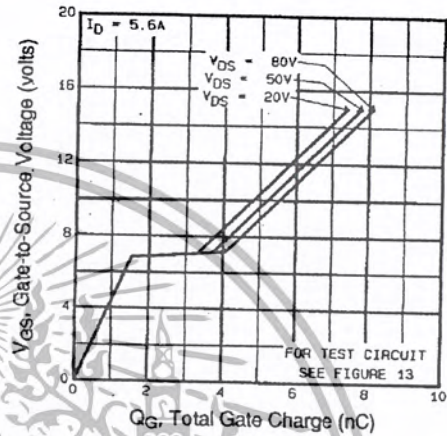


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

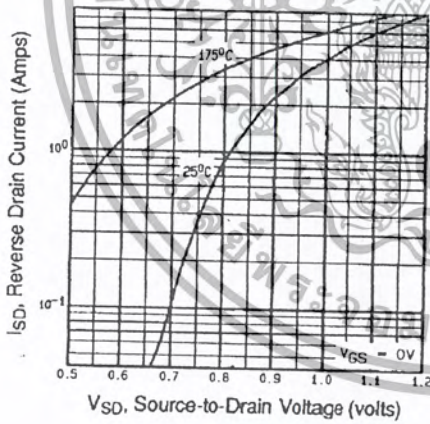


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

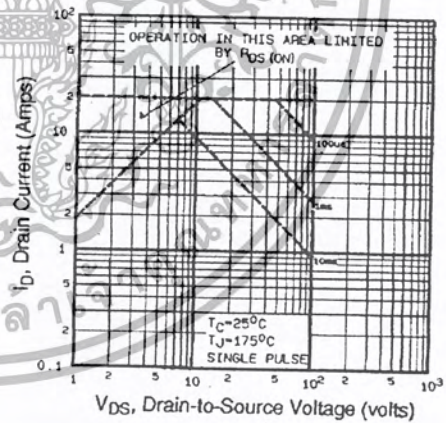


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



IRF510

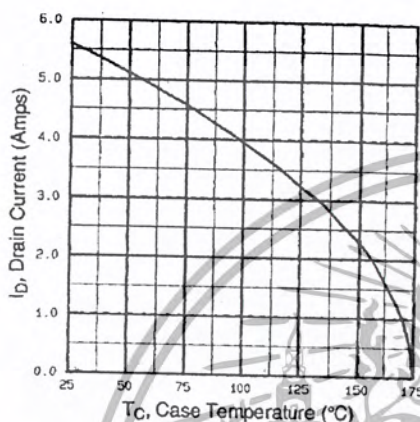


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

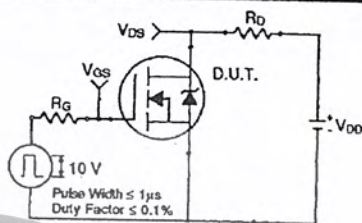


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

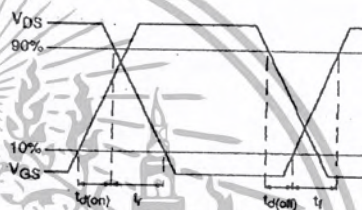


Fig 10b. Switching Time Waveforms

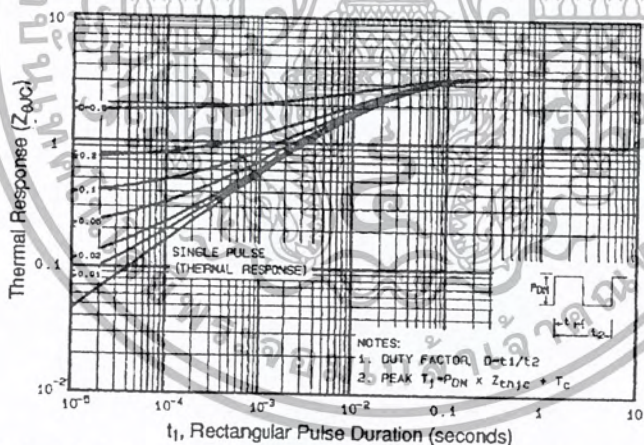


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

DATA SHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRF510

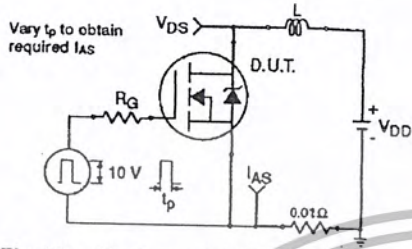


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

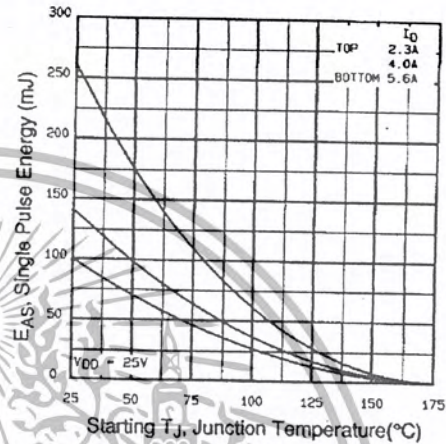


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

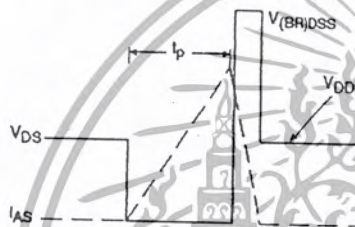


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

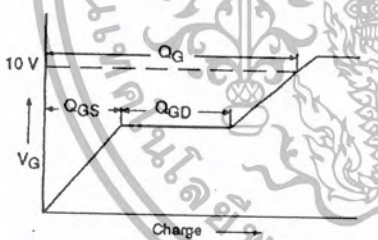


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

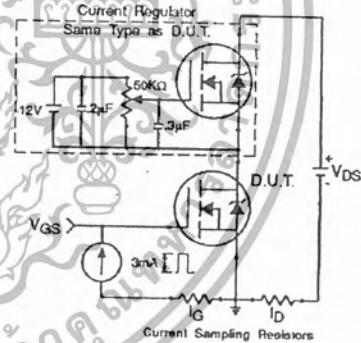


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1509

Appendix C: Part Marking Information – See page 1516

Appendix E: Optional Leadforms – See page 1525

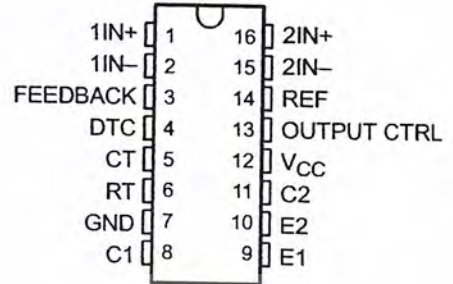
International
IRF Rectifier

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

- Complete PWM Power Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization

D, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



description

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control flip-flop, a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from -0.3 V to $V_{CC} - 2\text{ V}$. The dead-time control comparator has a fixed offset that provides approximately 5% dead time. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuits in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from 0°C to 70°C . The TL494I is characterized for operation from -40°C to 85°C .

FUNCTION TABLE

| INPUT TO OUTPUT CTRL | OUTPUT FUNCTION |
|------------------------|---------------------------------|
| $V_I = \text{GND}$ | Single-ended or parallel output |
| $V_I = V_{\text{ref}}$ | Normal push-pull operation |



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

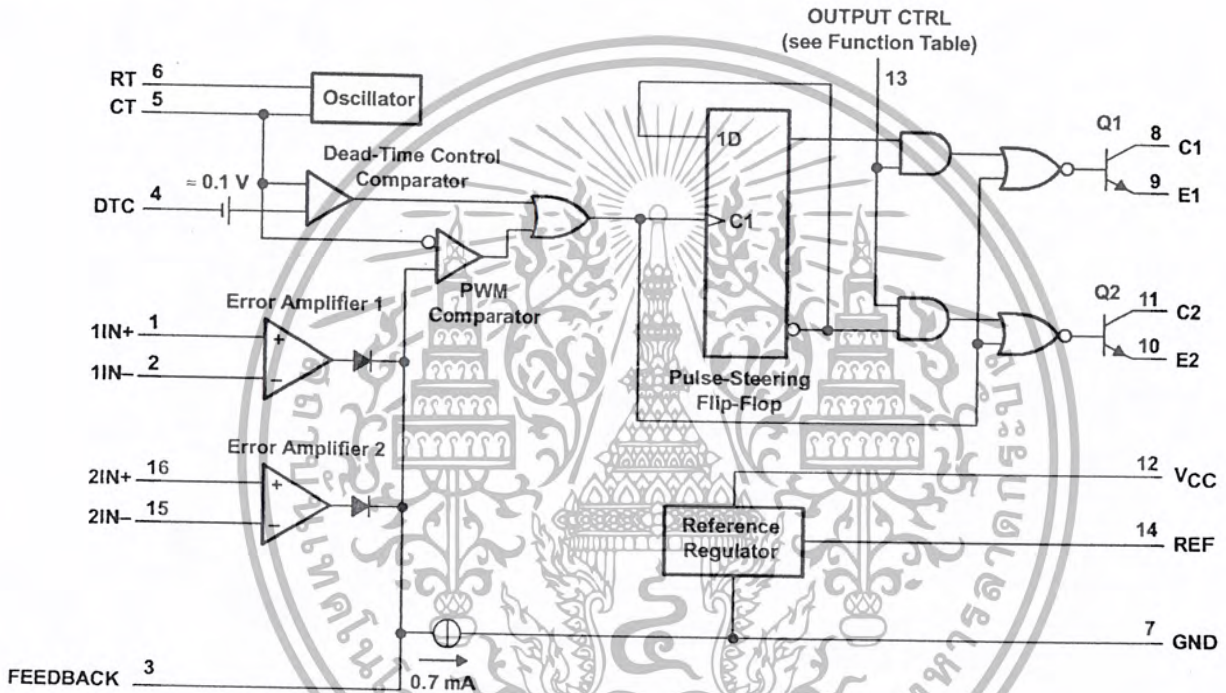
SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

AVAILABLE OPTIONS

| T _A | PACKAGED DEVICES | | | | CHIP FORM (Y) |
|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|---------------|
| | SMALL OUTLINE (D) | PLASTIC DIP (N) | SMALL OUTLINE (NS) | SHRINK SMALL OUTLINE (PW) | |
| 0°C to 70°C | TL494CD | TL494CN | TL494CNS | TL494CPW | TL494Y |
| -40°C to 85°C | TL494ID | TL494IN | — | — | — |

The D, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494CDR). Chip forms are tested at 25°C.

functional block diagram



 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

| | | TL494 | UNIT | |
|--|------------|---------------------|------------|----|
| Supply voltage, V_{CC} (see Note 1) | | 41 | V | |
| Amplifier input voltage, V_I | | $V_{CC}+0.3$ | V | |
| Collector output voltage, V_O | | 41 | V | |
| Collector output current, I_O | | 250 | mA | |
| Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3) | D package | 73 | °C | |
| | N package | 88 | | |
| | NS package | 64 | | |
| | PW package | 108 | | |
| Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds | | D, N, or PW package | 260 | °C |
| Storage temperature range, T_{stg} | | | -65 to 150 | °C |

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
- All voltage values, except differential voltages, are with respect to the network ground terminal.
 - Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A) / \theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can impact reliability.
 - The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

| | TL494 | | UNIT |
|--|--------|------------|------------|
| | MIN | MAX | |
| Supply voltage, V_{CC} | 7 | 40 | V |
| Amplifier input voltage, V_I | -0.3 | $V_{CC}-2$ | V |
| Collector output voltage, V_O | | 40 | V |
| Collector output current (each transistor) | | 200 | mA |
| Current into feedback terminal | | 0.3 | mA |
| Oscillator frequency, f_{osc} | 1 | 300 | kHz |
| Timing capacitor, C_T | 0.47 | 10000 | nF |
| Timing resistor, R_T | 1.8 | 500 | k Ω |
| Operating free-air temperature, T_A | TL494C | 0 | °C |
| | TL494I | -40 | |



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

reference section

| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | TL494C, TL494I | | | UNIT |
|--|--------------------------------------|----------------|------|------|------|
| | | MIN | TYP‡ | MAX | |
| Output voltage (REF) | $I_O = 1\text{ mA}$ | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| Input regulation | $V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$ | | 2 | 25 | mV |
| Output regulation | $I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$ | | 1 | 15 | mV |
| Output voltage change with temperature | $\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$ | | 2 | 10 | mV/V |
| Short-circuit output current§ | REF = 0 V | | 25 | | mA |

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Duration of the short circuit should not exceed one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$ (see Figure 1)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | TL494, TL494I | | | UNIT |
|------------------------------------|---|---------------|------|-----|--------|
| | | MIN | TYP‡ | MAX | |
| Frequency | | | 10 | | kHz |
| Standard deviation of frequency¶ | All values of V_{CC} , C_T , R_T , and T_A constant | | 100 | | Hz/kHz |
| Frequency change with voltage | $V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ | | 1 | | Hz/kHz |
| Frequency change with temperature# | $\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$ | | | 10 | Hz/kHz |

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

¶ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

error-amplifier section (see Figure 2)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494I | | | UNIT |
|----------------------------------|--|--------------------|------|-----|---------------|
| | | MIN | TYP‡ | MAX | |
| Input offset voltage | $V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$ | | 2 | 10 | mV |
| Input offset current | $V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$ | | 25 | 250 | nA |
| Input bias current | $V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$ | | 0.2 | 1 | μA |
| Common-mode input voltage range | $V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$ | -0.3 to $V_{CC}-2$ | | | V |
| Open-loop voltage amplification | $\Delta V_O = 3\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$, $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$ | 70 | 95 | | dB |
| Unity-gain bandwidth | $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$ | | 800 | | kHz |
| Common-mode rejection ratio | $\Delta V_O = 40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ | 65 | 80 | | dB |
| Output sink current (FEEDBACK) | $V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 0.7\text{ V}$ | 0.3 | 0.7 | | mA |
| Output source current (FEEDBACK) | $V_{ID} = 15\text{ mV to }5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 3.5\text{ V}$ | -2 | | | mA |

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

reference section

| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | TL494Y | | | UNIT |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------|------|-----|------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Output voltage (REF) | $I_O = 1\text{ mA}$ | | 5 | | V |
| Input regulation | $V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$ | | 2 | | mV |
| Output regulation | $I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$ | | 1 | | mV |
| Short-circuit output current‡ | REF = 0 V | | 25 | | mA |

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ Duration of the short circuit should not exceed one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\text{ k}\Omega$ (see Figure 1)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS† | TL494Y | | | UNIT |
|----------------------------------|---|--------|------|-----|--------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Frequency | | | 10 | | kHz |
| Standard deviation of frequency§ | All values of V_{CC} , C_T , R_T , and T_A constant | | 100 | | Hz/kHz |
| Frequency change with voltage | $V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$ | | 1 | | Hz/kHz |

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

error-amplifier section (see Figure 2)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494Y | | | UNIT |
|---------------------------------|---|--------|------|-----|---------------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Input offset voltage | V_O (FEEDBACK) = 2.5 V | | 2 | | mV |
| Input offset current | V_O (FEEDBACK) = 2.5 V | | 25 | | nA |
| Input bias current | V_O (FEEDBACK) = 2.5 V | | 0.2 | | μA |
| Open-loop voltage amplification | $\Delta V_O = 3\text{ V}$, $R_T = 2\text{ k}\Omega$, $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$ | | 95 | | dB |
| Unity-gain bandwidth | $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_T = 2\text{ k}\Omega$ | | 800 | | kHz |
| Common-mode rejection ratio | $\Delta V_O = 40\text{ V}$ | | 80 | | dB |
| Output sink current (FEEDBACK) | $V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$, V (FEEDBACK) = 0.7 V | | 0.7 | | mA |

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

output section

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494Y | | | UNIT | |
|--------------------------------------|---|--|------------------------|------|---------------|----|
| | | MIN | TYP† | MAX | | |
| Collector off-state current | $V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_{CC} = 40\text{ V}$ | | 2 | 100 | μA | |
| Emitter off-state current | $V_{CC} = V_C = 40\text{ V}$, $V_E = 0$ | | | -100 | μA | |
| Collector-emitter saturation voltage | Common emitter | $V_E = 0$, | $I_C = 200\text{ mA}$ | 1.1 | 1.3 | V |
| | Emitter follower | $V_O(C1\text{ or }C2) = 15\text{ V}$, | $I_E = -200\text{ mA}$ | 1.5 | 2.5 | |
| Output control input current | $V_I = V_{ref}$ | | | | 3.5 | mA |

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

dead-time control section (see Figure 1)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494Y | | | UNIT |
|--|---|---------------|------|-----|---------------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Input bias current (DEAD-TIME CTRL) | $V_I = 0\text{ to }5.25\text{ V}$ | | -2 | -10 | μA |
| Maximum duty cycle, each output | V_I (DEAD-TIME CTRL) = 0, $C_T = 0.1\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$ | | 45% | | |
| Input threshold voltage (DEAD-TIME CTRL) | Zero duty cycle | | 3 | 3.3 | V |
| | Maximum duty cycle | | 0 | | |

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PWM comparator section (see Figure 1)

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494Y | | | UNIT |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|------|-----|------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Input threshold voltage (FEEDBACK) | Zero duty cycle | | 4 | 4.5 | V |
| Input sink current (FEEDBACK) | V_I (FEEDBACK) = 0.7 V | 0.3 | 0.7 | | mA |

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

total device

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494Y | | | UNIT |
|------------------------|---|------------------------|------|-----|------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Standby supply current | $R_T = V_{ref}$, All other inputs and outputs open | $V_{CC} = 15\text{ V}$ | 6 | 10 | mA |
| | | $V_{CC} = 40\text{ V}$ | 9 | 15 | |
| Average supply current | V_I (DEAD-TIME CTRL) = 2 V, See Figure 1 | | 7.5 | | mA |

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

switching characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | TL494, TL494Y | | | UNIT |
|-----------|--|---------------|------|-----|------|
| | | MIN | TYP† | MAX | |
| Rise time | Common-emitter configuration, See Figure 3 | | 100 | 200 | ns |
| Fall time | | | 25 | 100 | |
| Rise time | Emitter-follower configuration, See Figure 4 | | 100 | 200 | ns |
| Fall time | | | 40 | 100 | |

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

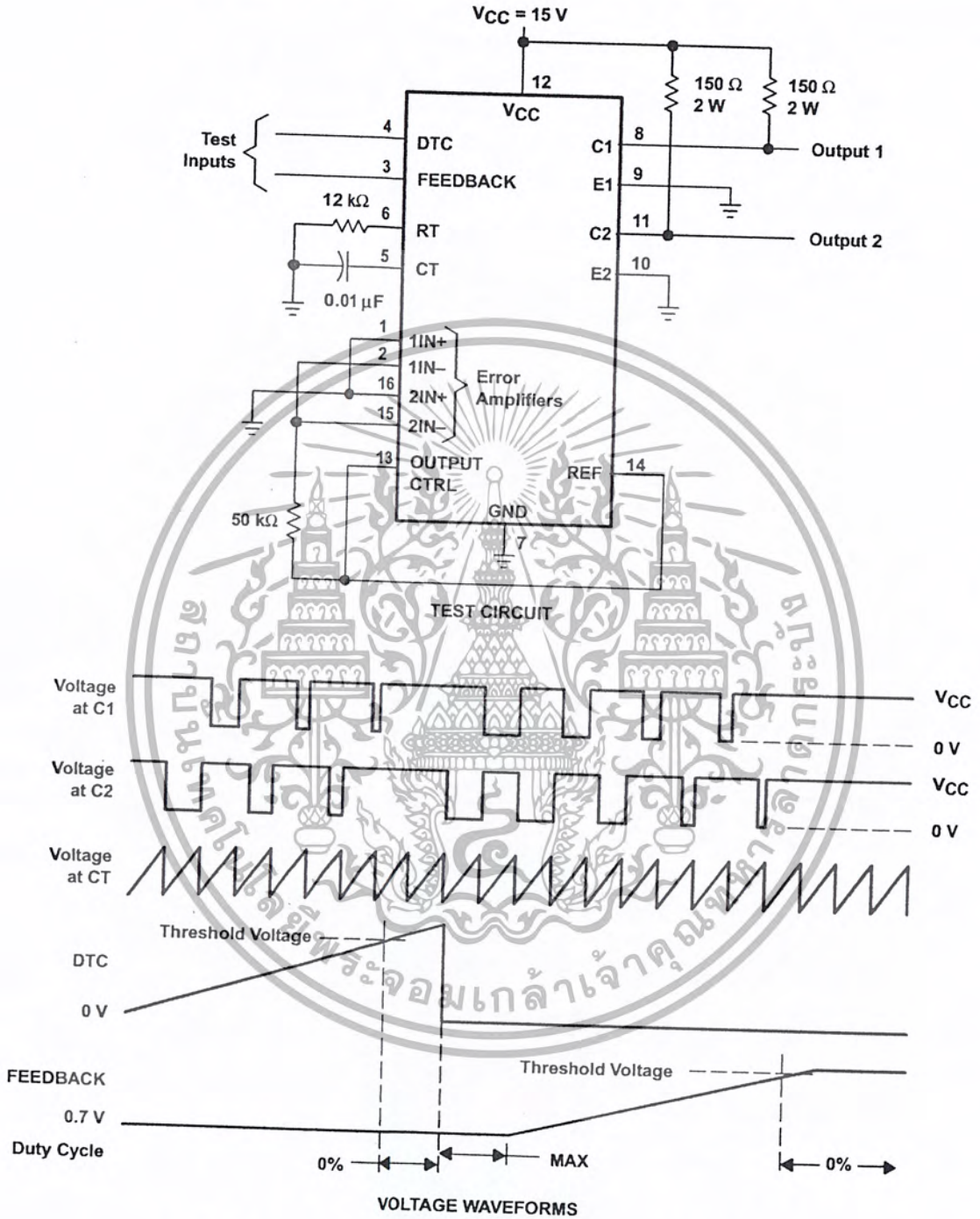


Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

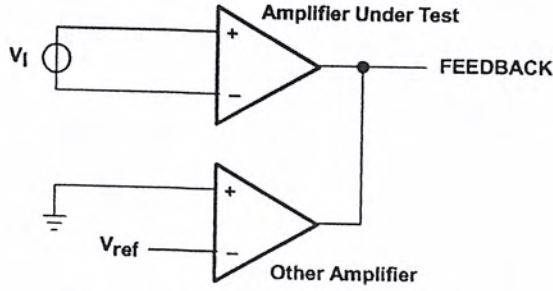
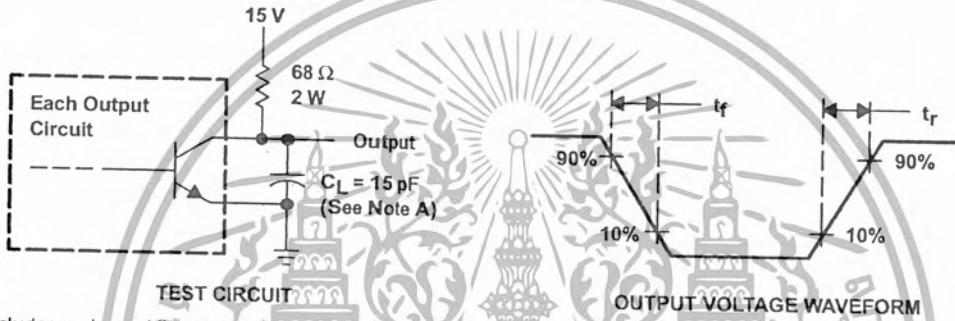
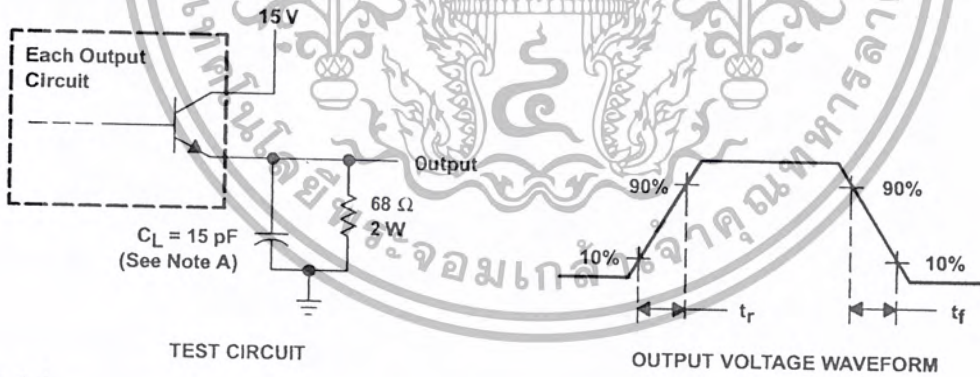


Figure 2. Amplifier Characteristics



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 3. Common-Emitter Configuration



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 4. Emitter-Follower Configuration



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPICAL CHARACTERISTICS

OSCILLATOR FREQUENCY AND
FREQUENCY VARIATION†

vs

TIMING RESISTANCE

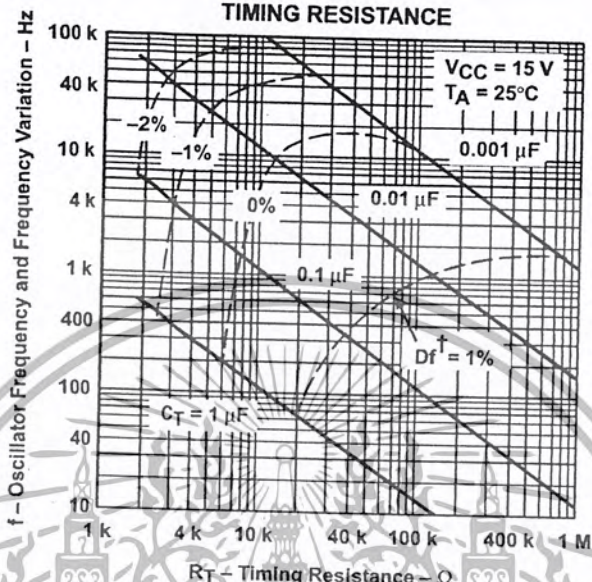


Figure 5

AMPLIFIER VOLTAGE AMPLIFICATION

vs

FREQUENCY

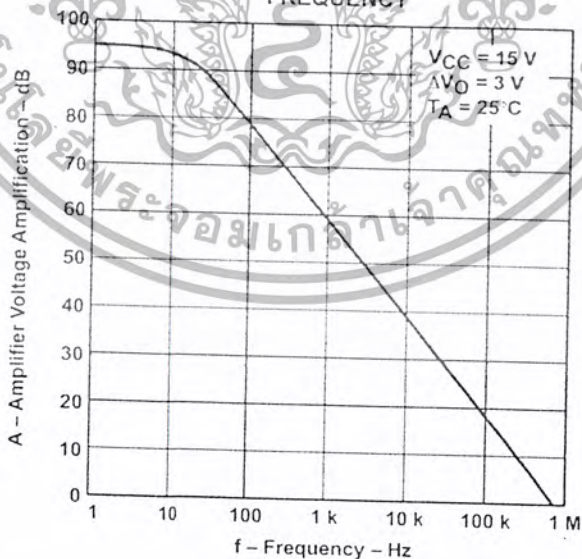


Figure 6



PC99 OF FICE BOX 555303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

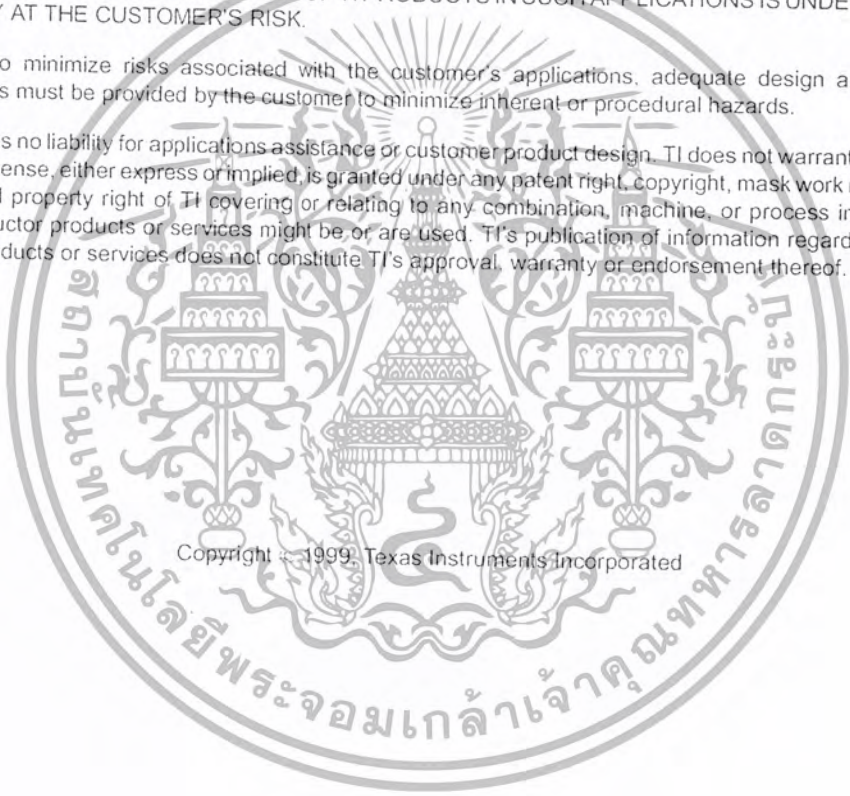
TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้