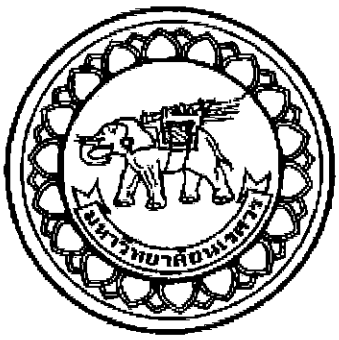


วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน โทรศัพท์มือถือ

Control Circuit for Electrical Devices via Mobile Phone

นายปริญญา แสงทอง รหัส 47380423

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 30 มิ.ย. 2551
เลขทะเบียน 14999630
เลขเรียกหนังสือ ม.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว/458 ป
2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายปริญญา แสงทอง รหัสนิสิต 47380423
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการการสอบโครงงานวิศวกรรม

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

..... กรรมการ

(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงงาน	วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือ
ผู้ดำเนินโครงการ	นายปริญญา แสงทอง รหัสนิสิต 47380423
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

.....

บทคัดย่อ

เนื่องจากการดำเนินชีวิตของผู้คนในปัจจุบันมีความเร่งรีบ การลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเปิดทิ้งไว้นั้นทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม และอาจก่อให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร เกิดความเสียหายกับอาคารบ้านเรือนหรือสิ่งของ เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์จึงได้มีบทบาทอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ โดยได้นำเทคโนโลยีโทรศัพท์เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะทางไกล

การนำสัญญาณโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณความถี่ (ความถี่สูงผสมความถี่ต่ำ) อาศัยการทำงานของ MT8888CE ถอดรหัสความถี่ความถี่มาเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงส่งต่อไปยังภาคควบคุมที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานรีเลย์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด- ปิด

วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์มือถือซึ่งได้พัฒนาขึ้นมานี้สามารถสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 4 เอ้าท์พุทตลอดพื้นที่ ที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งาน พร้อมกับสามารถตรวจสอบสถานะเปิด-ปิดของอุปกรณ์ด้วยเสียงตอบรับอัตโนมัติและสามารถควบคุมความปลอดภัยในการใส่รหัสผ่านก่อนการใช้งาน

จากการทดลองวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์มือถือที่ได้พัฒนาขึ้นพบว่าสามารถสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 4 เอ้าท์พุทตลอดพื้นที่ ที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งานและสามารถตอบสนองต่อคำสั่งด้วยความรวดเร็วในการทำงานตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง

Project Title	Control Circuit for Electrical Devices via Mobile Phone
Author	Mr. Parinya Sangthong Student ID : 47380423
Project Advisor	Assistant Professor Suchat Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2007

ABSTRACT

Because nowadays people spend their ways of life hurriedly, they forget to turn off the electrical devices. Consequently, the expenses are increased and sometimes the electrical circuit is cut across and then it becomes on fire and affects a lot of damage to buildings, houses, or things. The electronic technology is playing an important role to facilitate for human beings by using the mobile phone technology that is applied to control the electrical devices in remote distance.

Mobile phone signal is applied to control the electrical devices. The signal is a frequency (high frequency is mixed with low frequency) and depends on running of MT8888CE that decodes the frequency to be the digital signals. Then, the digital signals are sent to a controlling part that has the microcontroller to relay any orders to control turning on or off the electrical devices.

This circuit to control electrical devices through mobile phones is developed to be able to command turning on or off the electrical devices in 4 outputs throughtout areas with mobile phones signal of users, check turning on or off device status by an automatic voice receiver, and control safety by entering a password before using.

After testing the developed circuit to control electrical devices through mobile phones, it is found that it is able to command turning on or off the electrical devices in 4 outputs throughout areas with mobile phones signal of its users ,and it is able to respond any command according to its procedure quickly and correctly.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายท่านด้วยกัน ผู้จัดทำขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร. สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่านที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน ขอขอบคุณเพื่อนๆและ พี่ๆที่ให้คำปรึกษาข้อมูลและหนังสือในการทำโครงงานและคำแนะนำต่างๆ

ท้ายที่สุดนี้ผู้จัดทำโครงงาน ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจให้บุตรตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....ข

กิตติกรรมประกาศ .....ค

สารบัญรูปภาพ .....ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 3

1.6 งบประมาณที่ใช้ทำโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีโทรศัพท์มือถือ.....4

2.1 ทฤษฎีโทรศัพท์.....4

2.2 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางสำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย 8

2.3 วงจรภาคการทำงานต่างๆในวงจร 11

2.3.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing 11

2.3.2 วงจรรับสาย 12

2.3.3 วงจรตรวจสอบการรับสาย 12

2.3.4 วงจร Load Impedance 13

2.3.5 ส่วนควบคุม 13

2.3.6 ส่วนของเอาท์พุต 13

2.3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ 13

2.4 การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....15

2.5 แผ่นวงจรพิมพ์ 16

2.6 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 ขั้นตอนการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ 22
2.8 รูปร่างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 23

บทที่ 3 การดำเนินงาน 26
3.1 แนวทางการออกแบบ 26
3.1.1 รายละเอียดการทำงานของวงจร 32
3.1.2 การจำลองการทำงานของระบบ 33
3.1.3 ออกแบบวงจรการทำงาน 34
3.14 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม 35

บทที่ 4 การทดสอบ
4.1 การติดตั้งวงจร 32
4.2 ผลการทดสอบ 33
4.3 การทดสอบครั้งที่1 34
4.4 การทดสอบครั้งที่ 2 35

บทที่ 5 สรุปผล 40
5.1 สรุปผลการใช้งาน 40
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 40
5.3 ข้อเสนอแนะ 40

หนังสืออ้างอิง 41
ภาคผนวก ก 42
ภาคผนวก ข 53
ประวัติผู้เขียนโครงงาน 58

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2-1 เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม 4

2-2 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ 6

2-3 วงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing 11

2-4 วงจรรับสาย 12

2-5 วงจรตรวจสอบการรับสาย 12

2-6 วงจร Load Impedance 13

2-7 วงจรรับส่งสัญญาณDTMF 14

2-8 แผ่นไอซีบอร์ด 17

2-9 แผ่นโปรโตบอร์ด 17

2-10 แพตบอร์ด 17

2-11 แผ่นวงจรพิมพ์แบบการ์ดเสียบ 18

2-12 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 23

2-13 การจัดเตรียมอุปกรณ์ประเภท THD 24

3-1 แผนผังวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 27

3-2 โครงสร้างภาคการทำงานในวงจร 28

3-3 แผนภาพรวมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 29

3-4 แผนภาพการควบคุมของโปรแกรม 30

4-1 การต่อใช้งานวงจรควบคุม กับบอร์ดทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า 32

4-2 แสดงการต่อวงจรการใช้งานรวม 33

4-3 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 1 34

4-4 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 2 34

4-4 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 3 35

4-5 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 4 35

4-6 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1 36

4-7 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1และ 2 37

4-8 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1,2 และ 3 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4-9 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4.....38

4-10 แสดงผลการสั่งงานเมื่อกดดับ.....38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารได้มีการพัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว เพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลาในการทำงานและเพิ่มความสะดวกสบาย ในชีวิตประจำวัน ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้ง่ายขึ้นในทุกๆ ที่ที่ผู้ใช้ต้องการ โดยอาศัยหลักการในการสั่งงานทางโทรศัพท์มือถือ

ในสมัยก่อนได้มีการควบคุมอุปกรณ์ ไฟฟ้าโดยผู้ใช้ ต้องเป็นผู้ดูแล และควบคุมการสั่งงานการเปิดปิด สวิตซ์การทำงานของอุปกรณ์ ปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้ใช้อาจลืมปิดหรือเปิดสวิตซ์ ทิ้งไว้ จนเครื่องใช้ไฟฟ้า เกิดการทำงานที่หนักเกินไปของอุปกรณ์ ก่อให้เกิดภัยพิบัติที่ร้ายแรงและความสูญเสียตามมา เช่น อัคคีภัย และต่อมาได้มีการพัฒนาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย E-mail (จดหมายทางอิเล็กทรอนิกส์), เสียงตอบรับ (Call Voice) เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ แต่การควบคุมการทำงานก็ยังไม่สามารถทำได้ทันท่วงที การสั่งงานโดยโทรศัพท์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความรวดเร็วในการควบคุมการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ อย่างรวดเร็วและสะดวกในการใช้งาน

ในส่วนของโครงงานนี้จะนำเสนอ การศึกษาทฤษฎีโทรศัพท์ การทำงานของวงจร และการสร้างชิ้นงานของวงจร เพื่อควบคุมสวิซต์ เปิด ปิด และ การนำไปใช้งานได้อย่างแท้จริง เพื่อที่จะช่วยลดเวลาและเพิ่มความสะดวกสบายยิ่งขึ้นสำหรับการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

พัฒนาวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในครัวเรือนผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านให้ทำการเปิด-ปิดสวิตซ์ ได้ทั้งหมด 4 เอ้าท์พุท โดยการสั่งงานผ่านทางโทรศัพท์ผ่านโทรศัพท์มือถือ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีการสื่อสารทางโทรศัพท์มือถือ

1.4.3 ศึกษาเรื่องภาคต่างๆภายในวงจร

1.4.4 พัฒนาวงจรที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.4.5 ทดสอบการทำงาน

1.4.6 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ปี 2550										
		ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค
1.	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→							
2.	ศึกษาทฤษฎีโทรศัพท์มือถือ		←	—	—	→						
3.	ศึกษาเรื่องภาคต่างๆภายในวงจร			←	—	—	→					
4.	พัฒนาวงจรสำหรับการควบคุมการทำงาน					←	—	—	→			
5	ทดสอบการทำงาน							←	—	→		
6.	สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน										←	— →

1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงงาน

1. ค่าจัดทำเอกสาร	100	บาท
2. ค่าวัสดุ อุปกรณ์สำนักงาน	200	บาท
3. ค่าจัดทำรูปเล่มโครงงาน	200	บาท
4. ค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำชิ้นงาน	500	บาท
รวมเป็นเงิน	1,000	บาท

มหาวิทยาลัยนเรศวร

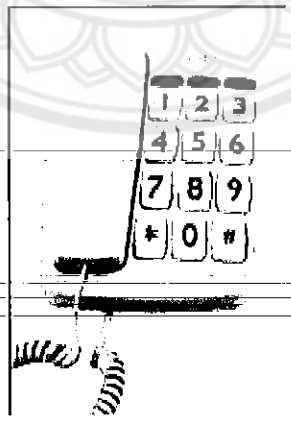
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในปัจจุบันเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องกิจการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโทรคมนาถือเป็นส่วนสำคัญซึ่งนับวันแต่จะเติบโตมากขึ้นจนไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในชีวิตประจำวัน การเรียนรู้นั้นจะต้องเรียนรู้จากแหล่งที่มาของข้อมูลที่ถูกต้องจึงจะถือว่าเกิดประโยชน์สูงสุด ในบทนี้จึงจะขอกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีโทรศัพท์เบื้องต้น มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเทคนิคการเข้าถึงสำหรับการสื่อสารไร้สาย วงจรภาคการทำงานต่างๆ ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบแผ่นวงจร และการสร้างแผ่นวงจร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาวงจร

2.1. ทฤษฎีโทรศัพท์ [6]

2.1.1 การสื่อสารทางโทรศัพท์

โทรศัพท์ คือ เครื่องมือสื่อสารที่ใช้เชื่อมโยงน้ำเสียงและคำพูดระหว่างบุคคลซึ่งอยู่ ณ สถานที่แห่งหนึ่งกับบุคคลที่ต้องการติดต่อด้วย ณ สถานที่อีกแห่งหนึ่งให้สามารถพูดจาโต้ตอบกันได้เสมือนบุคคลทั้งสองสนทนาอยู่ใกล้ชิดกัน ในการสื่อสารทางโทรศัพท์นั้น มีอุปกรณ์ประกอบดังนี้ เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วย ปากพูด หูฟังและหน้าปัดสำหรับหมุนหมายเลข หรือกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ แสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่ม [6]

สายโทรศัพท์ (Telephone Line) จากตัวเครื่องโทรศัพท์ จะมีสายโทรศัพท์เพื่อเชื่อมโยงเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าชุมสายมาเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์ ในขณะเดียวกัน จะทำหน้าที่ เป็นสื่อเพื่อส่งกระแส

คลื่นจากไมโครโฟนปากพูด ไปยังลำโพงและไปยังหูฟังของผู้รับ ณ เครื่องโทรศัพท์ปลายทางอีกเครื่องหนึ่งได้ สายโทรศัพท์ทุกสายจะต้องเชื่อมโยง โดยตรงไปยังชุมสาย ระหว่างชุมสายจะต้องมี Junction Linc เพื่อเชื่อมต่อระหว่างชุมสายต่างๆ เข้าด้วยกัน

ชุมสายโทรศัพท์ (Local Exchange) เรียกว่า ชุมสาย เพราะว่าสายทุกคู่ของแต่ละหมายเลขจะปรากฏเป็นหัวหมุดรอคอยการต่อเชื่อมระหว่าง ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเป็นคู่ๆ กันถ้าเป็นชุมสายแบบใช้พนักงานต่อพนักงานสลับสายจะเป็นผู้เสียงสายต่อให้ ถ้าเป็นชุมสายแบบอัตโนมัติเครื่องต่อโทรศัพท์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกลไกทางไฟฟ้ามากมายจะทำหน้าที่ต่อให้ ส่วนประกอบของการสื่อสารทางโทรศัพท์ในเบื้องต้นจะมีเพียงเท่านี้ แต่ในงานการสื่อสารทางโทรศัพท์จะมีอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบ ในการทำงานอีกมากมาย

2.1.2 ส่วนประกอบของโทรศัพท์

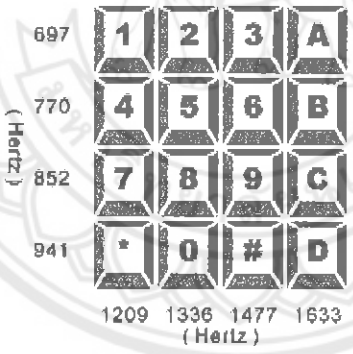
เครื่องส่ง (**Transmitter**) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานเสียงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเครื่องรับ (Receiver) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ที่ได้รับให้เป็นพลังงานเสียงที่ให้ Diaphragm จะสั่นเข้าออกตามสัญญาณเสียงที่ผ่านเข้ามาในตัวรับ (Receiver)

กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ (Ringer) เมื่อมีการเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกจะดังขึ้น Ringing Voltage ที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์จะมีค่าประมาณ75 - 100 Vrms 400 Hz

หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ ที่ใช้กับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบ คือแบบหมุน (Rotary Dial) ซึ่งการหมุนจะทำให้เกิดพัลซ์ขึ้นเป็นจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุนและแบบกดปุ่ม (Push Button) ซึ่งใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์

หน้าปัดแบบหมุน เมื่อผู้เรียกยกปากพูดหูฟัง (Handset) ขึ้นจากที่รองรับแหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลต์) ก็จะถูกต่อเข้ากับวงจรของเครื่องโทรศัพท์ โดย ฮุกสวิตช์ (hook switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (Side Tone) ในระดับที่เหมาะสมด้วย เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse Train) ตั้งแต่ 1-10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ หมายถึงการหมุนหมายเลขศูนย์ ส่ง 2 พัลส์ หมาย ถึงเลขหนึ่ง ดังนั้นถ้าหมุนหมายเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเองและความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที

หน้าปัดแบบกดปุ่ม เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดเป็นแบบกดปุ่มและใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้นโดยทั่วไปหน้าปัดจะมี12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว (Rows) และ 3 หลัก (Columns) และในเครื่องโทรศัพท์บางแบบอาจจะมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่มหลักที่ 4 ขึ้นมาอีกดังแสดงตามภาพที่ 2 สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นก็จะเป็น การส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง เพียงแต่ว่าในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงมอดูเลตแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ ความถี่ที่ใช้ในแต่ละ แถว และหลัก จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 แถว เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) และความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 หลักเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) การกดปุ่มที่หมายเลขใด ๆ จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมาคือ 770 Hz และ 1336 Hz มาตรฐานของความถี่ที่ใช้และตำแหน่งของหมายเลขต่าง จะถูกจัดให้มีลักษณะดังแสดงตามภาพที่ 2 สำหรับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น 1.5% สำหรับการผลิตความถี่ และ 2% สำหรับการรับหมายเลขวิธีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไปเป็นตัวแทนของเลขหมายที่กดเรียกระบบสัญญาณของโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) แสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ [6]

2.1.3 สัญญาณในระบบโทรศัพท์

ในการสื่อสารทางโทรศัพท์นั้นจะมีลักษณะสัญญาณอยู่ 2 ประเภท คือ

- สัญญาณโทรศัพท์
- สัญญาณการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย

สัญญาณโทรศัพท์ คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสภาวะต่าง ๆ สัญญาณแสดงสถานะของเครื่องโทรศัพท์ สัญญาณโทรศัพท์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานโทรศัพท์ดังนั้นเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ใช้งานร่วมกันได้จึงได้กำหนดมาตรฐานของสัญญาณ

โทรศัพท์ขึ้น เพื่อบอกสถานการณ์ใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ สัญญาณต่าง ๆ สัญญาณพร้อมเรียก (Dial Tone)เป็นสัญญาณแสดงว่าเครื่องโทรศัพท์พร้อมที่จะทำงานบอกให้ฝ่ายเรียกเริ่มทำการหมุนหรือกดหมายเลขเพื่อการเรียกออกได้เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ มอดูเลตกับ 1 เฮิรตซ์ ขนาด 250 มิลลิโวลต์ทำการส่งต่อเนื่องกันไปสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)เป็นสัญญาณแสดงว่าสายปลายทางไม่ว่าง เพื่อบอกให้รู้ว่าฝ่ายรับคู่สายไม่ว่างจะต้องทำการวางหูก่อนแล้วจึงยกหูขึ้นมาเพื่อรอสัญญาณให้หมุนใหม่ แล้วจึงทำการกดหรือหมุนหมายเลขเรียกออกอีกครั้ง เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ สลับกับ 0 เฮิรตซ์ ทำการส่ง 0.5 วินาที และหยุดส่ง 0.5 วินาที สลับกันไปสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) เป็นสัญญาณเรียกเพื่อรับสายโทรศัพท์บอกให้ฝ่ายรับ ทราบว่ามีการเรียกเข้ามาเพื่อจะทำการยกหูแล้วสนทนาติดต่อกัน ซึ่งหลังจากยกหูแล้วสัญญาณกระดิ่งก็จะหายไป เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 25 เฮิรตซ์ แรงดันขนาด 100 โวลต์ ทำการส่ง 1 วินาทีและหยุด 4 วินาที สลับกันไปสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) เป็นสัญญาณแสดงว่าสายว่างพร้อมที่จะติดต่อกับผู้รับสายโทรศัพท์เพื่อบอกให้ฝ่ายเรียกรู้ว่าเรียกคู่สายได้แล้ว เพียงแต่รอฝ่ายรับมารับสายเพื่อทำการสนทนาติดต่อกัน และเมื่อฝ่ายรับมารับสายแล้วสัญญาณเรียกกลับก็จะหายไปเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 425 เฮิรตซ์ทำการส่ง 1 วินาที และหยุดส่ง 4 วินาทีสลับกันไปเช่นเดียวกับสัญญาณกริ่งเรียกแต่มีขนาดแรงดันน้อยกว่า

สัญญาณการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย จากมาตรฐานสัญญาณโทรศัพท์ที่กล่าวมาข้างต้น สัญญาณเหล่านั้นเป็นสัญญาณที่ใช้บอกสถานการณ์ใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ว่าขณะนี้เครื่องโทรศัพท์อยู่ในสถานะอะไร แต่ในเครื่องโทรศัพท์ยังมีสัญญาณอีกแบบหนึ่งที่น่าสนใจนั่นคือสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์ใช้ติดต่อกับเครื่องควบคุมที่ชุมสาย ในขณะที่ผู้ใช้โทรศัพท์หมุนหรือกดหมายเลข ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ตัวเครื่องโทรศัพท์สร้างขึ้น เพื่อติดต่อให้เครื่องควบคุมที่ชุมสายทราบว่าผู้ใช้หมุนหรือกดหมายเลขอะไร ในปัจจุบันสัญญาณมีสองแบบคือ 1.สัญญาณแบบพัลซ์ (Pulse) สัญญาณนี้จะใช้กับเครื่องโทรศัพท์ ระบบพัลซ์หรือที่เรียกกันว่าโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้หมุนหมายเลขที่หน้าปัด อุปกรณ์ที่เป็นตัวกำเนิดพัลซ์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนของหน้าปัด จะสร้างพัลซ์ขนาดเท่ากันจำนวนหนึ่งเรียงกันเป็นแถว ซึ่งเรียกว่า Pulse Train แล้วส่งสัญญาณนี้ให้กับเครื่องควบคุมที่ชุมสายโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ 2. สัญญาณแบบโทน (Tone) สัญญาณนี้จะใช้กับเครื่องโทรศัพท์ ระบบโทนหรือที่เรียกกันว่า โทรศัพท์แบบกดหมายเลข สัญญาณนี้เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้โทรศัพท์กดหมายเลขลนหน้าปัด ตัวกำเนิดสัญญาณจะสร้างสัญญาณในย่านความถี่เสียง 2 ความถี่ขึ้นพร้อมกันแล้วส่งไปยังเครื่องควบคุมที่ชุมสายโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ สัญญาณความถี่เสียง 2 ความถี่ที่เกิดขึ้นพร้อมกันนี้เรียกว่าสัญญาณแบบ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency)

2.1.4 ลักษณะสัญญาณการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ขณะเรียกออก

ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์จะมีแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นแรงดันกระแสตรง 48 โวลต์เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์แรงดันจะลดลงเหลือ 8 โวลต์ พร้อมมีสัญญาณพร้อมเรียก ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณ โทนแล้วทำให้สัญญาณพร้อมเรียกนี้จะหายไป กดรหัสสัญญาณโทรตามเบอร์โทรศัพท์ รหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสม 2 ความถี่ระหว่างความถี่สูงและความถี่ต่ำ แต่ละหมายเลขมีความถี่สัญญาณโทนอยู่ 1 คู่ ขณะที่รอการรับสายจะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบ เพื่อบอกว่าสายว่างหรือไม่ว่าง คือสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณไม่ว่าง เมื่อมีการรับสายแล้วสัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลต์ สัญญาณเสียงจะกระเพื่อมตามความถี่เสียงผู้พูด เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกติดต่อ ขนาดแรงดันจะกลับไปที่ 48 โวลต์ขณะที่วางหูอยู่จะมีแรงดันตกคร่อมสายอยู่ 48 โวลต์เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียก ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่งเมื่อมีผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันจะเหลือ 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูดเมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันก็จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ตามเดิม

2.2 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางสำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย

(Multiple Access Techniques for Wireless Communication)[1]

รูปแบบการเข้าถึงหลายทาง คือ การอนุญาตให้ผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ (mobile - users) สามารถใช้งานย่านความถี่วิทยุ (radio spectrum) ที่มีอย่างจำกัดในเวลาเดียวกันเพื่อให้มีจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุดที่สามารถเข้าใช้งานย่านความถี่วิทยุนี้ โดยการแบ่งแถบความถี่(bandwidth) ออกเป็นหลายช่องสัญญาณ (channel)ในระบบการสื่อสารแบบไร้สายโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการสื่อสารข้อมูลแบบสองทาง (full duplex) ในเวลาเดียวกันหมายความว่าลูกค้าสามารถจะส่งข้อมูลให้แก่สถานีฐาน(base station) และรับข้อมูลจากสถานีฐานได้ในเวลาพร้อมกันหรือที่เรียกว่า Duplexing ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้งานมากในระบบโทรศัพท์แบบไร้สายโดยสามารถจะพูดและรับฟังเสียงของคู่สนทนาในเวลาเดียวกันนั่นเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้นจะขยายความหมายและเทคนิคเกี่ยวกับการ duplex ข้อมูลที่ใช้ในปัจจุบัน

2.2.1 ประเภทของ Duplexing

Duplex ข้อมูลสามารถจัดรูปแบบและมีเทคนิคการจัดทำ 2 วิธีดังนี้

2.2.1.1 Frequency division duplexing (FDD) คือ เทคนิคการ Duplex ในรูปแบบของความถี่ (frequency) ซึ่งจัดเตรียมแถบของความถี่รองรับการใช้งานของแต่ละผู้ใช้แบ่งออกเป็น 2 แถบของความถี่อย่างชัดเจน โดยแถบของความถี่ที่ใช้ส่งข้อมูล (traffic) มีทิศทางการส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังเครื่องลูกข่าย(mobile) จะเรียกว่า forward band และ แถบของความถี่ใช้ส่งข้อมูลที่มีทิศทางการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายไปยังสถานีฐานจะเรียกว่า reverse band ซึ่งแต่ละช่องสัญญาณ

ของ duplex นั้นจะประกอบไปด้วยช่องสัญญาณที่เรียกว่า simplex channel 2 ช่องสัญญาณทำหน้าที่ทั้ง forward channel และ reverse channel แยกกันโดยมี อุปกรณ์ที่เรียกว่า duplexer ที่อยู่ภายในแต่ละเครื่องลูกข่ายและสถานีฐานจะคอยกำกับทิศทางการรับและส่งข้อมูลให้เกิดการรับและส่งข้อมูลได้ทั้งสองทิศทางในเวลาเดียวกันบนคู่ช่องสัญญาณ

2.2.1.2 Time division duplexing (TDD) คือ เทคนิคการ duplex ในรูปแบบของเวลา (time) ซึ่งจัดเตรียมแถบของเวลารองรับการใช้งานของแต่ละผู้ใช้แบ่งออกเป็น 2 แถบของเวลาอย่างชัดเจนหรือที่เรียกว่า time slots โดยมีทิศทางการส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง (bidirectional) เช่นเดียวกับ FDD ซึ่งถ้ามีทิศทางการส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังเครื่องลูกข่าย (mobile) จะเรียกว่า forward time slot และ แถบของเวลาใช้ส่งข้อมูลที่มีทิศทางการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายไปยังสถานีฐานจะเรียกว่า reverse time slot โดยจะต้องมีระยะคั่นของเวลาระหว่าง forward time slot และ reverse time slot มากพอเพื่อไม่ให้เกิดการรับและส่งข้อมูลชุดเดียวกันพร้อมกันทั้งเครื่องลูกข่ายและที่สถานีฐาน

การนำเทคนิคทั้ง FDD และ TDD มาประยุกต์ใช้งานนั้นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับโครงข่ายไร้สาย เทคโนโลยีที่มีในปัจจุบัน อีกทั้งข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบมีความกลมกลืนกับอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานร่วมกันตลอดจนข้อจำกัดด้านแถบกว้างความถี่ (bandwidth) ที่มีอยู่ของแต่ละผู้ให้บริการทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดความคุ้มค่าต่อการลงทุนและสมเหตุสมผลในเชิงธุรกิจ

2.2.2 ความรู้เบื้องต้นการเข้าถึงหลายทาง (Introduction to Multiple Access)

เทคนิคการเข้าถึงหลายทางของเทคโนโลยีระบบสื่อสารแบบไร้สายสามารถกระทำได้ในปัจจุบัน 3 วิธีการดังนี้

- **Frequency division multiple access (FDMA)**
- **Time division multiple access (TDMA)**
- **Code division multiple access (CDMA)**

สามารถจัดกลุ่มตามรูปแบบการใช้งานแถบกว้างความถี่ที่กำหนดให้แต่ละผู้ใช้งานได้เป็น 2 ระบบดังนี้

Narrowband Systems คือ การแบ่งช่องสัญญาณขนาดเล็กให้มีหลายช่องสัญญาณของย่านความถี่วิทยุโดยขนาดของช่องสัญญาณเล็กๆ เหล่านั้นจะมีขนาดไม่เกินขนาดช่องสัญญาณที่จะมีได้ของแถบกว้างความถี่ (coherence bandwidth) ซึ่งใช้หลักการทำงานด้วยเทคนิค FDD ด้วยหลักการจัดแบ่งช่องสัญญาณลักษณะเช่นนี้จะช่วยลดการรบกวนกันแต่ละช่องสัญญาณระหว่าง forward และ reverse link ให้มีน้อยที่สุดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือระยะห่างของความถี่ที่ใช้ระหว่างช่องสัญญาณทั้งสองที่จัดแบ่งภายในย่านความถี่จะต้องมีมากพอนั่นเอง ขณะเดียวกันอุปกรณ์ที่

นำมาใช้ร่วมกันกับเทคนิคนี้ในส่วนของเครื่องลูกข่าย เช่น duplexer และระบบสายอากาศจะมีราคาไม่แพง กรณี narrowband FDMA ผู้ใช้งานจะได้รับการจองช่องสัญญาณแยกกันอย่างชัดเจนในขณะที่ใช้งานซึ่งจะไม่มีการใช้งานบนช่องสัญญาณเหล่านั้นร่วมกันกับผู้ใช้งานอื่นและถ้านำเทคนิค FDD มาใช้ร่วมกันจะเรียกระบบนี้ว่า FDMA/FDD ส่วนกรณี TDMA narrowband นั้นจะมีวิธีการจองช่องสัญญาณวิทยุเดียวกันให้กับผู้ใช้งานโดยจะแบ่งออกเป็น time slot ของใครของมันอย่างชัดเจนบนบนช่องสัญญาณวิทยุ (radio channel) ส่งผลให้ระบบ TDMA narrowband มีจำนวนช่องสัญญาณวิทยุเป็นจำนวนมากสามารถเป็นได้ทั้ง FDD หรือ TDD และถ้ามีการใช้งานทั้งสองร่วมกันบน TDMA จะเรียกว่าระบบ TDMA/FDD หรือ TDMA/TDD ตามลำดับ

Wideband Systems คือ การแบ่งช่องสัญญาณขนาดเล็กให้มีหลายช่องสัญญาณของย่านความถี่วิทยุโดยขนาดของช่องสัญญาณเล็กๆ เหล่านั้นจะมีขนาดใหญ่เกินกว่าขนาดช่องสัญญาณที่จะมีได้ของแถบกว้างความถี่ (coherence bandwidth) ระบบนี้จะช่วยแก้ปัญหา multipath fading โดยไม่ให้สัญญาณที่รับได้มากกว่าสัญญาณที่มีอยู่ในช่องสัญญาณของ wideband ขณะที่การส่งสัญญาณนั้นจะส่งในช่องสัญญาณเดียวกัน กรณี TDMA wideband จะกำหนด time slot ให้หลายผู้ใช้ส่งในช่องสัญญาณเวลาเดียวกันและช่องสัญญาณภายในที่ใช้นั้นจะอนุญาตให้มีการใช้งานได้ทีละผู้ใช้งานเท่านั้น ส่วน CDMA wideband จะอนุญาตให้ผู้ใช้ทั้งหมดสามารถใช้ช่องสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ ทั้ง TDMA และ CDMA สามารถใช้เทคนิคการ multiplex ทั้ง FDD หรือ TDD ได้

2.2.3 รูปแบบการเข้าถึงแบบหลายทางในระบบสื่อสารโทรคมนาคม (Types of Multiple Access)

2.2.3.1 Frequency Division Multiple Access (FDMA) คือเทคนิคการเข้าถึงแบบหลายทางของระบบสื่อสารโทรคมนาคมในรูปแบบของความถี่โดยกำหนดแต่ละช่องสัญญาณเฉพาะเจาะจงกับผู้ใช้งานแต่ละคนอย่างชัดเจนซึ่งแต่ละผู้ใช้งานจะใช้ความถี่ใดความถี่หนึ่งหรือช่องสัญญาณใดช่องสัญญาณหนึ่งเท่านั้นตามความต้องการในการขอใช้บริการ ซึ่งขณะที่มีการสนทนากันนั้นจะไม่สามารถให้ผู้ใช้บริการรายอื่นมาใช้ช่องสัญญาณนั้นได้ ในระบบ FDD จะกำหนดความถี่ใช้งานออกเป็นสองชุดโดยชุดแรกจะใช้เป็นช่องสัญญาณ forward และอีกหนึ่งความถี่ใช้เป็นช่องสัญญาณ

2.2.3.2 Time Division Multiple Access (TDMA) คือ เทคนิคการเข้าถึงแบบหลายทางของระบบสื่อสารโทรคมนาคมในรูปแบบของเวลา โดยแบ่งแถบความถี่วิทยุออกเป็น time slot ซึ่งกำหนดให้ผู้ใช้งานทีละคนสามารถทั้งรับและส่งข้อมูลในแต่ละ time slot นั้น ๆ

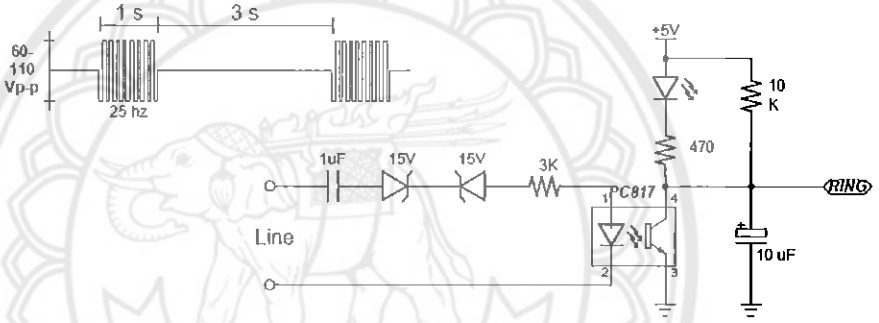
2.2.3.3 Code Division Multiple Access (CDMA) คือ เทคนิคการเข้าถึงแบบหลายทางด้วยการใช้รหัสในการรับส่งข้อมูลเวลาเดียวกันCode Division Multiple Access เป็นเทคนิคการเข้าถึงแบบหลายทาง ซึ่งเป็นวิธีการสื่อสารที่รองรับกับผู้ใช้บริการหลายๆ รายในเวลาเดียวกัน ใน

ระบบ CDMA นี้ ผู้ใช้บริการทุกรายจะร่วมกันใช้ช่องสื่อสารวิทยุเดียวกัน โดยช่องความถี่มีลักษณะเป็นแบบ Band กว้าง ซึ่งมี Bandwidth ประมาณ 1.25 เมกะเฮิรตซ์

2.3 วงจรภาคการทำงานต่างๆ ภายในวงจร

2.3.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing

โดยปกติแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ จะมีแรงดันประมาณ 48โวลต์ จ่ายมายังเครื่องโทรศัพท์ตามบ้าน เมื่อมีการโทรเข้ามาที่โทรศัพท์ทางองค์การจะส่งสัญญาณไฟ AC ประมาณ 60-110V ที่ความถี่ 25 Hz โดยสัญญาณRinging จะดัง 1 วินาที และหยุดไป 3 วินาที สลับกันไปมา เราจะใช้ความแตกต่างนี้มาตรวจสอบสัญญาณ Ringing วงจรแสดงในรูปที่ 2-3

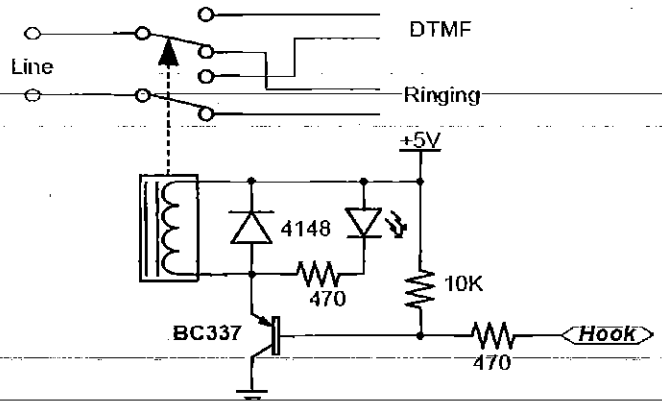


รูปที่ 2-3 วงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing [6]

เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์ผ่านเข้ามา สัญญาณจะผ่านคาปาซิเตอร์ 1 ไมโครฟารัดกรองความถี่ ส่งผ่านสัญญาณ AC เข้ายังวงจรและผ่านซีเนอร์ไดโอด 15 V เพื่อจำกัดแรงดันไว้ไม่ให้ เกิน 15 V ทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบหลังจากนั้นจะผ่านตัวต้านทานที่ทำหน้า ที่จำกัดกระแสให้กับออปโต เมื่ออยู่ในสภาวะปกติจะมีแรงดันไฟ DC 48 V จากองค์การ ทำให้ไม่สามารถผ่าน Cไปได้ จึงไม่มีไฟไปเลี้ยง Opto แต่เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา ทำให้มีแรงดัน ACของสัญญาณกระดิ่งผ่านเข้ามาที่ Opto โดยมี Zener เป็นจำกัดแรงดัน จากนั้น Opto ก็จะทำงานทำให้เอาท์พุทของ Opto จึงเป็น “0” LED จึงสว่างนั้นเอง

2.3.2 วงจรรับสาย (Hook)

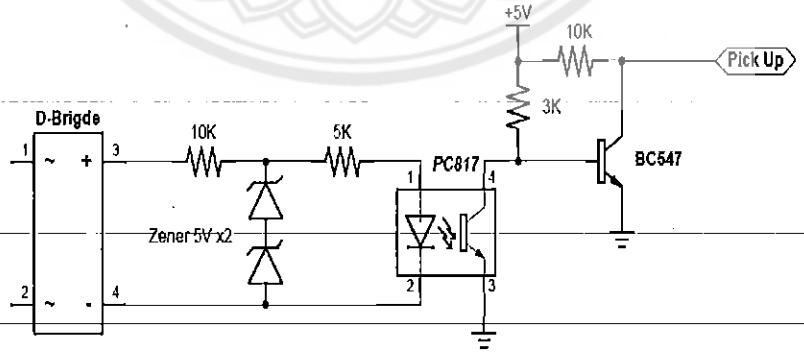
ในกรณีการทำงานปกติ คู่สายโทรศัพท์ (Line) จะถูกต่อเข้าที่วงจรตรวจสอบสัญญาณ Ringing เมื่อเราสามารถตรวจสอบสัญญาณ Ringing ได้ เราจะให้วงจรของเราทำการรับสายโดยการควบคุม Relay ให้สัญญาณ Line ต่อเข้าที่วงจรตรวจสอบสัญญาณ DTMF จากวงจรเราจะใช้วงจรทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุม การทำงานของ Relay โดยมี LED สีแดง เป็นตัวแสดงสถานการณ์รับสาย วงจรรับสาย (hook) แสดงในรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 วงจรรับสาย (hook)[6]

2.3.3 วงจรตรวจสอบการรับสาย (Pick-Up)

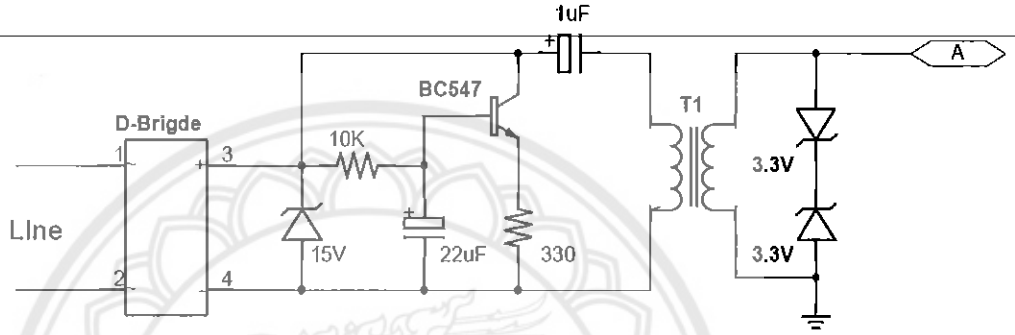
ในกรณีการทำงานปกติจะมีแรงดัน 48 V กระแสที่ไหลผ่านในวงจรโทรศัพท์จะมีกระแสไหลไม่เกิน 20 mA เมื่อเราทำการรับสาย ทำให้กระที่ไหลผ่านในวงจร มีกระแสไหลเกิน 20 mAทำให้ทางองค์การ รู้ว่าโทรศัพท์ปลายทางได้รับสายแล้ว โดยการตรวจสอบกระแสที่ไหลผ่านและแรงดันที่คู่สายจะตกลงเหลือประมาณ 12 Vวงจรตรวจสอบการรับสาย จะใช้แรงดันนี้ทำการตรวจสอบ โดยเมื่อแรงดัน 48 V จะทำให้Opto มีกระแสพอที่ทำงานได้ แต่ถ้าแรงดันตกเหลือ 12 V ทำให้ไม่สามารถทำให้ Opto ทำงานได้เอาท์พุทของ Opto จะต้องต่อเข้าที่ทรานซิสเตอร์ เพื่อกลับสถานะลอจิก เพราะฉะนั้นตอนที่ไม่การรับสาย เอ้าท์พุทของวงจรนี้จะเป็น “1” และเมื่อมีการรับสายจะมีลอจิกเป็น “0” 3 วงจรตรวจสอบการรับสาย (Pick-Up) แสดงในรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 วงจรตรวจสอบการรับสาย [8]

2.3.4 วงจร Load Impedance (รับสาย)

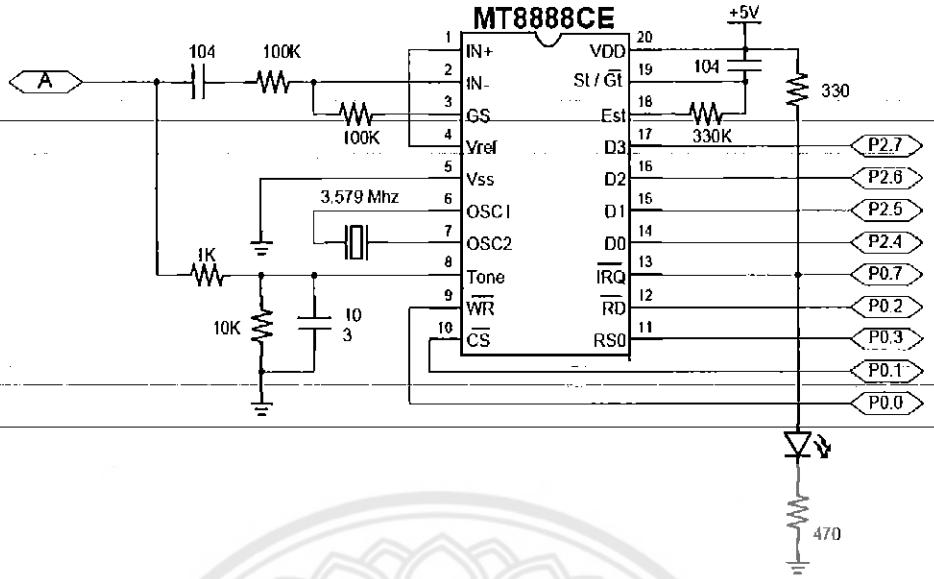
ในวงจรนี้ เราจะใช้ไอซีเบอร์ MT8888CE ซึ่งสามารถรับส่งสัญญาณDTMF ได้อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบ สัญญาณต่างๆ เช่นสัญญาณรอรับสาย , สัญญาณสายไม่ว่าง โดยการนับคาบเวลาของพัลส์ วงจร Load Impedance (รับสาย) แสดงดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 วงจร Load Impedance [8]

เมื่อมีสัญญาณเข้ามาผ่านเข้ามา D- Bridge ทำหน้าที่ แปลงสัญญาณให้เป็นกระแสตรง และผ่านซีเนอร์ไดโอด 15 V ทำหน้าที่ จำกัดแรงดันไว้ไม่ให้ เกิน 15 V หลังจากนั้นจะผ่านทรานส์ซิสเตอร์ และ ตัวต้านทาน10 กิโลโอห์ม , 330โอห์ม, และคาปาซิเตอร์ 22 ไมโครฟารัด ซึ่งทำหน้าที่เป็นโหลดอิมพีแดนซ์ เพื่อให้ทางองค์การรู้ว่าทางนี้รับสายแล้ว กระแสที่ไหลผ่านในวงจรจะต้องเกิน 20 มิลลิแอมป์ และคาปาซิเตอร์ 4.7 ไมโครฟารัดทำหน้าที่ ส่งสัญญาณไปยังวงจรของ MT8888CE โดยผ่าน T1Zener 3V ทำหน้าที่ จำกัดแรงดันที่ได้จาก T1 ไม่ให้เกิน 3 V ก่อนที่จะส่งไปให้วงจรอื่น

วงจรถอดและส่ง DTMF ใช้ไอซีเบอร์ MT 8888CE เพื่อให้ไมโครรู้ว่าขณะนี้ได้ทำการกดหมายเลขเพื่อต่อไปยังสายปลายทางว่าเป็นหมายเลขใด และเพื่อใช้ในการโทรหมายเลขที่ได้บันทึกไว้เพื่อการโทรออกไปยังชุมสายปลายทาง โดยจะต้องกำหนดโหมดการทำงานที่ขาคอนโทรลและรีจิสเตอร์ CRA ภายในตัว MT8888C ก่อน ว่าจะให้อยู่ในโหมดการทำงานถอด DTMF หรือ ส่ง DTMF IC MT8888CE แสดงในรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 วงจรรับส่งสัญญาณDTMF [7]

MT8888CE จะมีขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมต่างๆ D0 – D3เป็นขารับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์WR เป็นขาที่ใช้ในควบคุมการเขียนข้อมูล ขาRD เป็นขาที่ใช้ในควบคุมการอ่านข้อมูลCSเป็นขาที่ใช้การติดต่อกับ MT8888CEIRQเป็นขาที่ใช้สำหรับสถานะของการรับส่งสัญญาณ DTMF และสัญญาณ Tone ต่างๆ ที่ตรวจสอบได้RS0 เป็นขาที่ใช้ในการเลือกว่าจะติดต่อกับ Control Register หรือ Data Register

2.3.5 ส่วนควบคุม (Control)

ส่วนภาคของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการสั่งงานในวงจร เป็นตัวประมวลผลต่างๆ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมในการสั่งงานผ่านโทรศัพท์โดยผ่านเสียงตอบรับอัตโนมัติ และเป็นตัวสั่งงานรีเลย์ในการเปิด ปิดหน้าสัมผัส ทำให้หลอดไฟเปิด ปิด

2.3.6 ส่วนของเอาท์พุต (OUTPUT)

วงจรทางด้านเอาท์พุตจะเป็นส่วนที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยวงจรได้ทำเป็นโซลิดสเตทรีเลย์ 4 ช่องทางโดยใช้ออปโต้คอยควบคุมให้รีเลย์เปิด-ปิดสวิตซ์เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกที่ต้องการต่อไป

2.3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ (supply)

วงจรภาคซัพพลายหรือวงจรภาคจ่ายไฟ ในวงจรรวมทั้งหมดเราต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดัน 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ก่อน โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า ให้เหลือกระแสแรงดันกระแสสลับ 12 โวลต์ แล้วนำไปผ่านวงจรบริดจ์ไดโอด เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้าฟ้ากระแสตรงและมีตัวเก็บประจุต่อคร่อมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของ

แรงดันไฟฟ้า หลังจากนั้นจะได้ ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อใช้ในวงจร จากนั้นยังต้องการให้เหลือเพียง 5 โวลต์เท่านั้น จึงต้องแปลงแรงดันไฟฟ้า จาก 12 โวลต์ไปยัง หาโวลต์โดยใช้ IC regulator เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า 12 VDC เป็น 5 VDC เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายต่อไป

2.4 การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์[5]

การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คือการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ฯ และอุปกรณ์กึ่งตัวนำ ทรานซิสเตอร์ ไอซี มาต่อรวมกันโดยการเชื่อมโยงด้วยสายไฟฟ้าหรือแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นวงจรที่ต้องการและนำไปติดตั้งในกล่องหรือตู้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปขั้นตอนที่กล่าวมาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

- การประกอบวงจร หรือ Printed Circuit Board Assembly (PCBA)
- การประกอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป หรือ Box Built Assembly

2.4.1 การประกอบวงจร (PCBA)

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์มีองค์ประกอบคือ ความซับซ้อน/ขนาดของวงจร ขนาด/พื้นที่/รูปร่างของแผ่นวงจร ชนิดของวัสดุ/ฉนวนแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิดของอุปกรณ์แบบมีขายาวและแบบไม่มีขา (Surface Mount Component) แผ่นวงจรพิมพ์สำเร็จรูปที่นำใช้ในการประกอบวงจรในโรงงานอุตสาหกรรม แบ่งเทคโนโลยีวิธีการประกอบเป็น 3 ประเภทคือ

2.4.1.1 เทคโนโลยี เพลททรูโฮล (Plate Through Hole Technology) ในขบวนการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเป็นแบบมีขายาว ต้องมีการพับขาก่อน แผ่นวงจรพิมพ์จะมีรูเสียบที่เหมาะสมเท่ากับระยะอุปกรณ์ที่พับไว้ เครื่องจักรทำหน้าที่ในขบวนการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนเครื่องเตรียมอุปกรณ์ตามลำดับการใส่ (Part Preparation) เครื่องเสียบ/ใส่อุปกรณ์ (Through Hole Insertion) และเครื่องบัดกรี (Wave Soldering)

2.4.1.2 เทคโนโลยี เซอร์เฟสเมาท์ (Surface Mount Technology) อุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการประกอบเป็นแบบไม่มีขา การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์จะต้องมีการยึดติดด้วยวัสดุเฉพาะ เครื่องจักรทำหน้าที่ในขบวนการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน เครื่องเตรียม/พิมพ์วัสดุยึดติด (SolderPaste Screen Printing) เครื่องวางอุปกรณ์ (SMT Mounting) เครื่องอบลมร้อน/บัดกรี (Reflow Soldering)

2.4.1.3. เทคโนโลยีแบบผสม (Mixed Technology) อุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการประกอบเป็นแบบมีขายาวและแบบไม่มีขาผสมกัน แผ่นวงจรพิมพ์จะมีรูเสียบและไม่มีรูเสียบ ทำให้ขบวนการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้นและซับซ้อนขึ้น ในขบวนการประกอบจะเลือกขบวนการเซอร์เฟสเมาท์ก่อนและต่อด้วยขบวนการเพลททรูโฮล เครื่องจักรทำหน้าที่ในขบวนการแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ เครื่องเตรียม/พิมพ์ วัสดุยึดติด (Solder -Paste Screen Printing) เครื่องวางอุปกรณ์ (SMT Mounting) เครื่องอบลมร้อน/บัดกรี (Reflow -Soldering)

2.5 แผ่นวงจรพิมพ์ PCB : Printed Circuit Board[3]

แผ่นวงจรพิมพ์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือแผ่นฐานหรือซับสเตรทกับส่วนที่เป็นตัวนำ ในชุดแรกแผ่นวงจรพิมพ์จะประกอบขึ้นจากแผ่นฐานที่ทำจากฉนวนบาง ๆ ยึดรวมกันด้วยสารประเภทเทอร์โมเซตติง เพื่อให้รองรับกับตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อตัวอุปกรณ์ตัวนำที่ใช้เชื่อมต่อตัวอุปกรณ์จะใช้วิธีการพิมพ์หมึกที่สามารถนำไฟฟ้าได้ลงไปบนแผ่นฐานวงจรพิมพ์ จึงเป็นที่มาของคำว่า Printed Circuit Board หรือ PCB และยังนิยมใช้คำนี้อยู่จนถึง

แผ่นวงจรพิมพ์ Printed circuit board (PCB) หรือ Printed circuit wiring board (PWB) เป็นแผ่นฉนวนบางๆ ทำหน้าที่เป็นที่วางและยึดติดตัวอุปกรณ์มีตัวนำไฟฟ้าเป็นตัวต่อวงจรให้แก่อุปกรณ์ไปด้วยในตัว โดยทั่วไปจะใช้ทองแดงเป็นตัวต่ออาจจะทำเป็นหน้าเดียว (Single-sided) หรือสองหน้า (Double-sided) แต่ถ้าวงจรมีความหนาสูงมีความซับซ้อนมากๆ ก็อาจจะต้องทำเป็นหลายๆ ชั้น (Multi-layered) ก็ได้ วิธีการพิมพ์หมึกลงบนแผ่นวงจรพิมพ์นั้น ในการนำมาใช้งานพบว่าหมึกหลุดล่อนได้ง่ายทำให้เกิดความเสียหายต่อวงจร เทคนิคที่นำมาใช้แทนที่คือ วิธีที่เรียกว่าซับแทร็กตีฟโปรเซส (Suptractive process) หรือ เคมิคอลฟอยล์เอนซึ่ง (chemical foilencing) โดยขั้นแรกจะทำการยึดแผ่นทองแดงบางๆ ซึ่งเป็นวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ดีกว่าหมึกพิมพ์ และมีความคงทนกว่าเข้ากับผิวหน้าของแผ่นฐานด้วยกาว ผลที่ได้จะเกิดวัสดุที่เรียกว่า **"metal clad laminate"** แต่เราก็ยังเรียกกันว่า **"Printed Circuit Board"** แผ่นฐานจะทำมาจากวัสดุที่เป็นฉนวนน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงที่นิยมใช้มี 3 ชนิด คือ

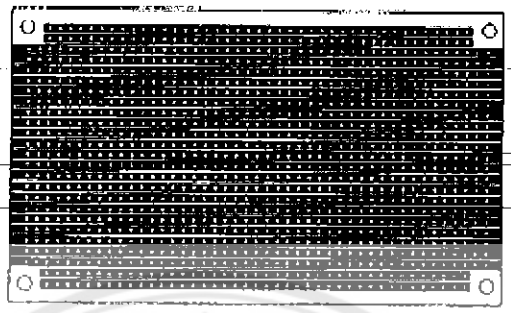
- ฟีนอลิก (phenolic)
- กลาสอีพอกซี่ (glass epoxy)
- สารประกอบ อีพอกซี่ (composite epoxy)

ในครั้งแรก ๆ การใช้งานแผ่นวงจรพิมพ์ แผ่นฐานที่ใช้จะทำจากกระดาษบางๆ ชุบฟีนอลิกแล้วอัดรวมกันให้แข็งแรง แต่แผ่นวงจรพิมพ์ที่ทำจากฟีนอลิกนั้นจะมีลักษณะประเภทแตกหักได้ง่าย มีความแข็งแรงต่ำไม่ค่อยต้านทานความชื้นต่อมาได้มีการนำใยฝ้ายมาใช้แทนที่กระดาษ ทำให้ได้ความแข็งแรงทางกลสูงขึ้น และมีความต้านทานต่อความชื้นสูงแต่ทำให้ความแข็งแรงทางไฟฟ้าลดลงจากนั้นจึงได้มีการนำใยแก้วมาทำเป็นแผ่นฐาน โดยทอใยแก้วชั้นเดียวหรือหลายชั้นเข้าด้วยกัน แล้วยึดด้วยอีพอกซีเร-ซินจึงเรียกแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ว่ากลาสอีพอกซี่ ลักษณะการทอเป็นพื้นของใยแก้

ชนิดของแผ่นวงจรพิมพ์แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

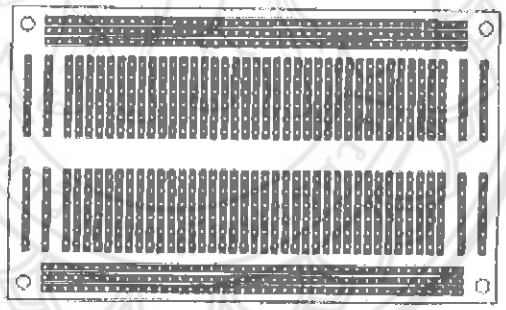
ประเภทของแผ่นวงจรพิมพ์ที่แบ่งตามลักษณะการใช้งานจะแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ และแผ่นวงจรพิมพ์เฉพาะงาน

2.5.1 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ที่เหมาะสำหรับการทดลองวงจรต่าง ๆ แต่ก็สามารถนำไปใช้งานได้เหมือนกัน ไอซีบอร์ด (IC-board) แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้ระยะห่างระหว่างรูเจาะจะเท่ากับระยะห่างของขาไอซีบอร์ด ลายทองแดงมีลักษณะเป็นแถบยาวต่อเนื่องระยะเท่ากันทั้งแผ่นดังรูปที่ 3-2



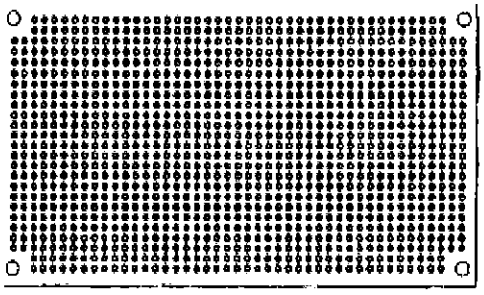
รูปที่ 2-8 แผ่นไอซีบอร์ด [5]

โปรโตบอร์ด (Proto-board) ลักษณะของลายทองแดงจะเหมือนกับแผ่นโปรโตบอร์ดที่ใช้ในการทดลองวงจร แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้บางทีอาจเรียกว่า เบรดบอร์ด ดังรูปที่ 3-3



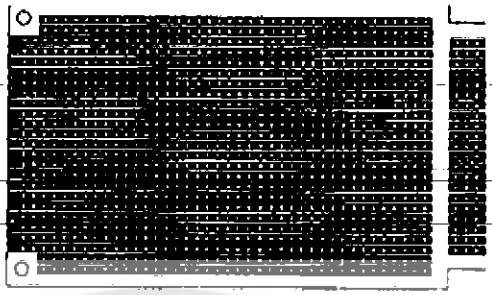
รูปที่ 2-9 แผ่นโปรโตบอร์ด [5]

2.5.2 แพตบอร์ด (pad-board) ลักษณะของแผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้จะไม่มีลายทองแดงเชื่อมต่อ มีเพียงจุดบัดกรีที่เจาะรูปสี่เหลี่ยมธรรมดา แสดงในรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-10 แพตบอร์ด [5]

2.5.3 แผ่นวงจรพิมพ์แบบการ์ดเสียบคอมพิวเตอร์ จะมีลักษณะแตกต่างจากแผ่นวงจรพิมพ์แบบอื่น ๆ แต่จะมีส่วนเพิ่มเติมสำหรับใช้เสียบลงในสล็อตของเมนบอร์ดในคอมพิวเตอร์แสดงในรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-11 แผ่นวงจรพิมพ์แบบการ์ดเสียบ [5]

แผ่นวงจรพิมพ์เฉพาะงาน เป็นแผ่นวงจรพิมพ์เปล่าที่ต้องสร้างลายทองแดงขึ้นมาเอง เพื่อใช้กับวงจรนั้น ๆ ซึ่งจะมีลักษณะลายทองแดงและขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์แตกต่างไป ตามการออกแบบของผู้ใช้งาน แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้มีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

- แบบหน้าเดียว (single-side) มีทองแดงเคลือบอยู่เพียงด้านเดียว เหมาะสำหรับวงจรที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไปนักราคาถูก แสดงดังรูปที่ 2-13
- แบบ 2 หน้า (double-side) มีทองแดงเคลือบอยู่ทั้ง 2 ด้าน แต่จุดบัดกรีจะไม่ต่อถึงกันในแต่ละด้าน เหมาะสำหรับวงจรที่มีความยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร แผ่นวงจรพิมพ์แบบนี้นิยมใช้กับวงจรที่ต้องการป้องกันสัญญาณรบกวน เนื่องจากด้านบนจะถูกออกแบบมาให้เป็นกราวด์เพลนด้วย เช่นวงจรเครื่องเสียง,วงจรวิทยุและเครื่องรับส่ง
- แบบ 2 หน้า เพลตทรูโฮลด์ (double side plate-through - hold : PTH) มีทองแดงเคลือบอยู่ทั้ง 2 ด้าน และจุดบัดกรี จะต่อถึงกันทั้ง 2 ด้าน ลักษณะดังรูปที่ 1-9 การเชื่อมต่อวงจรทั้ง 2 ด้าน เข้าด้วยกันของแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด 2 หน้าด้วยการทำเพลตทรูโฮลด์ ต้องใช้ขั้นตอนหลายอย่าง ขั้นแรกจะต้องเจาะรูแล้วนำไปเคลือบรูด้วยทองแดงโดยวิธีการทางเคมี (electroless plating) จากนั้นนำไปชุบทองแดงด้วยไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความหนาของผิว แล้วถึงจะนำไปทำขั้นตอนต่าง ๆ ของการติดลายวงจร
- แผ่นวงจรพิมพ์มัลติเลเยอร์ แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมัลติเลเยอร์ ทำขึ้นจากแผ่นวงจรพิมพ์ประเภท อีพอกซี่ใยแก้ว เป็นแผ่นวงจรที่มีหลายชั้น ใช้กับวงจรที่มีความซับซ้อนมาก กรรมวิธีการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แบบมัลติเลเยอร์นั้นจะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่บางมากๆ หลายแผ่นประกอบกันโดยมีแผ่นบางๆของปรี-เพจ เป็นตัวเชื่อมระหว่างแผ่น นอกจากนี้แผ่นปรี-เพจ ยังทำหน้าที่เป็นฉนวนระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์แต่ลงแผ่นอีกด้วยแผ่นวงจรพิมพ์แบบมัลติเลเยอร์นี้ลายวงจรจะต้อง

ถูกสร้างก่อนที่จะนำมาประกอบเป็นแผ่นวงจรพิมพ์มัลติเลเยอร์ขั้นตอนของการผลิตก็คือสร้างลายวงจรบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่บางมาก ๆ แล้วนำไปกัดลายวงจรผลที่ได้คือผิวหน้าของตัวนำจะเกิดออกไซด์ทำให้การยึดตัวระหว่างชั้นของแผ่นวงจรพิมพ์เป็นไปอย่างแข็งแรง ดังนั้นผิวหน้าของแผ่นวงจรพิมพ์แต่ละแผ่นจึงต้องทำให้สะอาดที่สุดด้วยวิธีการอบเพื่อให้สารที่เหลือจากการกัดลายทองแดงและความชื้นระเหยไปซึ่งจะดูจากที่อุณหภูมิ 100° C ประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นชั้นต่าง ๆ ของแผ่นวงจรพิมพ์จะถูกประกอบเข้าด้วยกันโดยคั่นด้วยแผ่น ปรี-เพจ เพื่อยึดแต่ละชั้นให้ติดกันชั้นของแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมดจะถูกเรียงแล้วอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ในการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดมัลติเลเยอร์นั้น การควบคุมระหว่างการผลิตเป็นสิ่งสำคัญมากไม่ว่าจะเป็นการกัดลายทองแดง การเจาะอุณหภูมิและความดันที่ใช้ต้องมีความผิดพลาดต่ำจึงจะได้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีคุณภาพ

2.6 การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ [5]

2.6.1 อาร์ตเวอร์ก สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์

อาร์ตเวอร์ก (artwork) สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ ก็คือแบบที่สมบูรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้กำหนดลายเส้นของวงจรไว้แล้วโดยมีสเกลที่ถูกต้องและแม่นยำ อาร์ตเวอร์กที่สมบรูณ์เช่นนี้จะพร้อมที่จะนำไปทำฟิล์มต้นแบบสำหรับการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์อาร์ตเวอร์กที่ดีควรจัดเตรียมมาจากการออกแบบหรือจัดวาง (lay out) มาก่อนโดยขยายให้แบบใหญ่กว่าของจริงและควรมีเครื่องหมายแสดงเส้นขอบหรือขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์โดยการใช้เครื่องหมายมุมฉากหรือรูปโค้ง นอกจากนี้แล้วอาร์ตเวอร์กที่ดีจะประกอบด้วยเครื่องหมายสำหรับการปรับเล็งต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเจาะรูหรือสำหรับใช้เล็งในการทำแผ่นวงจรพิมพ์สองหน้าหรือแผ่นวงจรหลายชั้น (Multilayer PCB)

2.6.2 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์

การกำหนดสเกลโดยทั่วไปแล้วอาร์ตเวอร์กของแผ่นวงจรพิมพ์และแบบการจัดวางอุปกรณ์ควรจัดทำเป็นขนาดใหญ่กว่าของจริงเพื่อลดการผิดพลาดจากการเขียนขนาดและจำนวนชั้นของแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นวงจรพิมพ์ที่ทำกันอยู่ในวงการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีอยู่ 3 รูปแบบคือ

แบบหน้าเดียว (single sided) แบบนี้ลายทองแดงจะอยู่ด้านล่าง และอุปกรณ์จะอยู่ด้านบน

แบบสองหน้า (double sided)แบบนี้มีลายทองแดงอยู่ทั้ง 2 ด้าน แต่อุปกรณ์จะวางอยู่บนด้านที่มีลายทองแดงไม่หนาแน่น

แบบหลายชั้น (multilayer) แบบนี้จริง ๆ แล้วก็คือ แผ่นวงจรพิมพ์บาง ๆ หลาย ๆ แผ่นมาวางซ้อนกัน ลายของแต่ละแผ่นวงจรพิมพ์อาจเชื่อมต่อถึงกันผ่านรูโดยผ่านตัวนำซึ่งเคลือบภายในรูนั้น ๆ ส่วนอุปกรณ์อาจอยู่บนทั้งสองด้านของชั้นนอกสุดบางทีแผ่นหนึ่งอาจมีชั้นตัวนำถึง20 ชั้น ราคาของแผ่นวงจรพิมพ์เป็นสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึง ในการพิจารณา

กำหนดขนาดและจำนวนชั้นของแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์แบบหน้าเดียว แผ่นเล็กย่อมมีราคาถูกกว่าแผ่นใหญ่ขณะเดียวกันแบบหน้าเดียวก็ย่อมถูกกว่าแบบสองหน้า และแบบหลายชั้นก็ย่อมแพงกว่าแบบสองหน้าคำนวณพื้นที่ที่จะต้องใช้บรรจุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ รวมทั้งจุดต่อสำหรับบัดกรีขาอุปกรณ์ โดยปกติดัชนีความเป็นไปได้ประมาณ 80 % หรือน้อยกว่าจะแสดงว่าเราสามารถจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ได้โดยสะดวก

การพิจารณาขนาดความกว้างและระยะห่างของเส้นลายวงจรในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์เราต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษกับขนาดความกว้างและระยะห่างของเส้นลายวงจร ถ้าเส้นลายวงจรเล็กเกินไป เส้นลายก็อาจขาดง่ายและมีการลอกหรือพองเวลาบัดกรี ในกรณีที่ระยะห่างของเส้นลายวงจรใกล้กันมากก็อาจเกิดลัดวงจรกันได้สำหรับลายวงจรที่ใหญ่และมีระยะห่างของเส้นลายวงจรมาก ก็จะทำให้เปลืองเนื้อที่ และเสียค่าใช้จ่ายมากการพิจารณาขนาดของรูขาอุปกรณ์รูของขาอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับวงจรพิมพ์แบ่งเป็น 2 ชนิดง่าย ๆ คือ "แบบรูธรรมดา" และ "แบบเพลททรูโฮล" (plated thru hole) สำหรับแบบธรรมดานั้นจะไม่มีวัสดุตัวนำฉาบเคลือบด้านในของรูส่วนแบบเพลททรูโฮลจะมีวัสดุตัวนำเคลือบอยู่ด้านในของผนังรู เพื่อเป็นตัวเชื่อมทางไฟฟ้าระหว่างด้านต่อด้าน (หรือชั้นต่อชั้นในกรณีที่เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบหลายชั้น)

ขนาดของพื้นที่ที่จะบัดกรีพื้นที่จุดบัดกรี (terminal area หรือ pad) เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์หรือสายไฟฟ้ากับลายวงจรต่าง ๆ ที่ขาอุปกรณ์หรือตำแหน่งที่มีสายมาบัดกรีควรจะมีพื้นที่จุดบัดกรีเฉพาะของมัน เพื่อให้ตะกั่วสามารถกระจายไปล้อมรอบจุดบัดกรีได้ง่ายขึ้น ขนาดพื้นที่ของจุดบัดกรีนี้มีขนาดพอดีโดยคำนึงถึงระยะห่างของพื้นที่จุดบัดกรี และความหนาแน่นของจุดบัดกรีต่อพื้นที่นั้นด้วย การพิจารณาขนาด ที่พอดีของพื้นที่จุดบัดกรีนั้นขึ้นอยู่กับ

- ขนาดความกว้างของรูขาอุปกรณ์สายไฟ ฯลฯ
- ค่าผิดพลาดของตำแหน่งรูอุปกรณ์
- ค่าผิดพลาดของพื้นที่ตำแหน่งจุดบัดกรี
- ค่าผิดพลาดเกี่ยวกับขบวนการทำเส้นลายวงจร เช่น ขบวนการผลิต,การเดินเทปของอาร์ตเวอร์ก,การทำฟิล์ม ฯลฯ
- ขนาดเล็กสุดของรอบวงจรของจุดบัดกรีที่ต้องการ ซึ่งโดยปกติวัสดุตัวนำรอบ ๆ ขาอุปกรณ์จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.005 นิ้ว (0.13 มม.) สำหรับรูขาอุปกรณ์แบบเพลททรูโฮล และ 0.015 นิ้ว (0.38 มม.) สำหรับรูขาอุปกรณ์แบบธรรมดาทั่วไป

กราวด์เพลน กราวด์เพลน (ground planes) คือพื้นที่ต่อเนื่องของตัวนำบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้เป็นจุดร่วมทั่วไปของวงจรต่าง ๆ หรือใช้สำหรับเป็นชีลด์, ระบายความร้อนกราวด์เพลนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.50 นิ้ว (12.7 มม.) ควรถูกแบ่งเป็นแถบหรือช่องตารางโดยให้ส่วนที่ไม่ใช่ตัวนำมี

พื้นที่ประมาณ 50 % ของส่วนที่เป็นตัวนำ เพื่อป้องกันการพอง, โค้งงอหรือร่อนของตัวนำระหว่างการบัดกรี

การยึดติดอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยมาตรฐานทั่วไป อุปกรณ์จะวางอยู่บนด้านที่มีลายวงจรน้อยที่สุด อาจวางให้ขนานกับแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อวัตถุประสงค์ด้านระบายอากาศและวางในตำแหน่งขนานหรือตั้งฉากซึ่งกันและกันเพื่อความเป็นระเบียบก็ได้การจัดวางอุปกรณ์ทุกชนิดควรให้ห่างจากขอบของแผ่นวงจรพิมพ์ประมาณ 0.062 นิ้ว (1.57 มม.) และการติดตั้งอุปกรณ์ทุกชนิดไม่ควรให้กีดขวางตัวอื่นเพราะจะได้สะดวกในการถอดเปลี่ยนหรือใส่อุปกรณ์ภายหลัง

2.63 การออกแบบจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายเส้นวงจร

เทคนิคในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพความเหมาะสมของแต่ละงาน แต่พอสรุปได้ 3 แบบที่พอจะเป็นหลักเบื้องต้นในการออกแบบได้คือ

วิธีที่ 1 เป็นวิธีง่าย ๆ คือจัดวางอุปกรณ์เรียงตามในแบบวงจร ถ้าในวงจรได้เขียนลักษณะต่าง ๆ ไว้และจุดต่อภายในวงจรก็มีน้อย(รวมทั้งลายที่เดินข้ามทับกันได้) เราก็อาจจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์เลียนตามแบบในวงจรได้เลย วิธีนี้จะได้ผลดีในการจัดวางตำแหน่งมาก ถ้าชุดของอินพุตสามารถจัดวางแยกกันคนละด้านของแผ่นวงจรกับชุดของเอาต์พุต

วิธีที่ 2 ก็คือการจัดวางแบบ Peripheral วิธีนี้จะเหมาะสมต่อเมื่อขั้วต่อสาย (connector) 1 ชุดสำหรับทั้งอินพุตและเอาต์พุตต่ออยู่ด้วยกันการจัดวางอุปกรณ์ก็จัดจากด้านขอบรอบนอกเข้าสู่ด้านในโดยจัดเรียงขั้วต่อสายหรืออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องต่อกับภายนอก รวมทั้งจุดบัดกรีต่อสายต่างๆ ให้อยู่ด้านขอบนอกของแผ่นวงจรพิมพ์ ส่วนอุปกรณ์ที่สัมพันธ์เกี่ยวเนื่องอื่น ๆ ให้อยู่ถัดเข้ามาด้านในต่ออุปกรณ์อื่น ๆ เป็นลำดับไป

วิธีที่ 3 จัดวางแบบ Central คือจัดวางโดยใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน หรือมีจำนวนมากเช่นรีเลย์ ฯลฯ เป็นจุดศูนย์กลางพร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกันเช่น ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ไดโอดฯลฯ หลังจากจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้วควรพยายามจัดวางให้เป็นระเบียบและขนานกับแผ่นวงจรหรือตั้งฉากซึ่งกันและกันแล้วแต่ความเหมาะสม แต่ควรมีที่ว่างไว้สำหรับการเดินเส้นลายวงจรที่ต่อกันภายในแผ่นได้สะดวก

2.6.4 การสร้างลายเส้นวงจร

เส้นวงจรแต่ละเส้นนั้นควรจะมีระยะห่างช่วงละเท่า ๆ กัน และเพื่อไม่ให้เกิดความหนาแน่นของลายเส้นวงจรบางบริเวณนั้น ต้องพิจารณาอุปกรณ์ของวงจรที่เกี่ยวของแล้วกำหนดอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียงลำดับการทำงานแบบต่อเนื่องกัน และลายเส้นวงจรที่ปีนข้ามกันนั้นต้องน้อยที่สุดเพื่อลดระยะทางของลายเส้นจากการเดินวกวนเสียพื้นที่น้อยลงและลดปัญหาของลายเส้นอื่นด้วย

ในกรณีที่ลายเส้นวงจรต้องหักมุม ไม่ควรจะหักเป็นมุมฉากหรือเป็นรูปตัว V เพราะจะปัญหาทางด้านการใช้สารละลายเกลือ หรือกรดกัดทองแดงส่วนที่ไม่ต้องการออกไม่หมด และยังจะ

ทำให้เกิดปัญหาหลุดลอกจากปลายแผ่นวงจรพิมพ์ได้ง่าย วิธีที่ดีในการเลี้ยวเบนลายเส้นวงจรนั้นควรจะค่อย ๆ โค้งให้ได้ระยะห่างระหว่างลายเส้นเท่า ๆ กันหรือจะทำให้เป็นลายเส้นวงจรหักเป็นช่วง ๆในกรณีของความถี่ต่ำสำหรับวงจรที่ทำงานอยู่ในย่านความถี่ต่ำนั้น ส่วนมากจะเป็นวงจรขยายไฟตรงที่มีลักษณะเกน(Gain)สูงและอินพุตอิมพีแดนซ์สูงนั้นจะต้องมีการทำกราวด์ทางอินพุตวิธีการทำวงแหวนป้องกันนี้เป็นวิธีการทำชิลด์ทางไฟฟ้าสถิตย์สำหรับวงจรที่มีอิมพิแดนซ์สูงและเป็นการลดสัญญาณรบกวนทั่วไป และสัญญาณรบกวน 50 เฮิรตซ์ จากแหล่งจ่ายไฟลงได้

ในกรณีของความถี่สูงแผ่นวงจรพิมพ์ที่จะนำมาใช้กับวงจรความถี่สูงนั้น ส่วนมากจะเลือกใช้แบบกลาส-อีพอกซี่การสร้างลายเส้นวงจรก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องของ mutual inductance มักจะเกิดขึ้นเสมอบางครั้งอาจจะต้องทำกราวด์เพลนกั้นระหว่างลายเส้นวงจร เพื่อลดปัญหาการกระโดดข้ามของสัญญาณระหว่างกันสำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิดสองหน้านั้นจะเสริมการทำกราวด์ เพลนได้อีกด้านหนึ่ง เพื่อช่วยลดปัญหาการข้ามของสัญญาณการทำกราวด์เพลนนั้น ควรจะไปสู่จุดต่อกราวด์เดียวกันกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจำนวนมากในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจำนวนมากนั้นแผ่นวงจรพิมพ์มักจะเป็นส่วนควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้ผ่านอุปกรณ์ที่ต้องการเท่านั้น แต่ลายเส้นบนแผ่นวงจรพิมพ์นั้นอาจจะไม่สามารถทนต่อกระแสไฟฟ้าจำนวนนี้ได้วิธีแก้ปัญหาข้อนี้ทำได้โดยการใช้จุดใดจุดหนึ่งบนแผ่นวงจรพิมพ์เป็นจุดร่วม จุดนี้เป็นจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาสัมผัสแล้วกลับออกไปกรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้กับวงจรที่มีแรงดันไฟฟ้าสูง เช่น วงจรแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงนั้น ส่วนมากมักจะใช้แบบกลาสอีพอกซี่ (Glass Epoxy) การสร้างลายเส้นที่เป็นปลายแหลมมุมฉาก ที่ปลายแหลมของมุมฉาก หรือที่ปลายแหลมของรูปตัว V ยอมจะมีสนามไฟฟ้า (Electric Field) หนาแน่นกว่าที่อื่น จึงทำให้เกิดการรั่วไหลและกระโดดทะลุผ่านของอิเล็กตรอน ไปยังส่วนอื่น ๆที่อยู่ข้างเคียงได้ ดังนั้น วิธีเดินลายเส้นวงจรให้เลี้ยวเบนค่อย ๆ โค้งนั้นเป็นการกระจายประจุได้เท่า ๆ กันทุกส่วน ทำให้ปัญหาดังกล่าวลดลงไปได้บ้าง ระยะห่างระหว่างลายเส้นวงจรนั้นขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้า ถ้ามีแรงดันสูงมากระยะต้องห่างมากตามด้วย

2.7 ขั้นตอนการผลิตแผ่นวงจรการพิมพ์[5]

ขั้นตอนการผลิตนั้นในขั้นแรกเมื่อได้รับข้อมูลจากที่ประกอบด้วยแพตเทิร์นของ ลายวงจร , โซลเดอร์มาสค์,คอมโพเนนต์มาสค์, ดริลไฟล์หรือตำแหน่งเจาะ

พล็อตลายวงจร CNC เพื่อทำการตัดเป็นแผ่นตามขนาดที่เหมาะสมและเจาะรูขนาดต่าง ๆ ตามข้อมูลที่กำหนด ทำความสะอาดแผ่นทองแดงและลบปากรูเจาะให้เรียบเพื่อให้แผ่น PCB สะอาดพร้อมที่จะเข้าสู่กระบวนการทางเคมีเพื่อให้คอนดักตีฟโพลิเมอร์เกาะติดกับผนังรูด้านใน ทำการชุบทองแดงทั้งแผ่นด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ทองแดงเกาะติดคอนดักตีฟโพลิเมอร์ (Conductive Polymer) ให้เกิดเป็นตัวนำภายในรูที่เจาะขึ้นข้อดีของการทำในลักษณะนี้จะทำทองแดงเชื่อมต่อกันตลอดทั้งสอง

ด้าน ทำความสะอาดเพื่อนำไปรีดฟิล์มไวแสงให้ติดทั้งสองด้านถ่ายแบบทองแดงบนบอร์ดด้วยแสง UV จากนั้นทำการล้างขึ้นลาย Dry film (Dry film Developing) และทำการชุบลายเส้นทองแดงภายในรูและที่ลายเส้นวงจรให้หนาด้วยการชุบแบบไฟฟ้าพร้อมกับชุบดีบุกเพื่อเคลือบปิดลายเส้นเป็นการป้องกันน้ำยากัด ซึ่งจะกัดเฉพาะทองแดงออกส่วนที่เป็นลายเส้นจะถูกเคลือบด้วยดีบุกแล้วค่อยไปลอกดีบุกออกอีกครั้งหนึ่งอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 C เป็นเวลา 40 นาทีเพื่อให้หมึกแห้ง ต่อจากนั้นนำฟิล์มรายละเอียดของงานมาทาบกับแผ่นลามิเนต (Laminate) ที่พิมพ์เวตฟิล์มไว้แล้วล้างชิ้นลาย wet film และนำไปอบแห้งเพื่อให้หมึกแห้งอีกครั้งหนึ่งที่ตู้อบอุณหภูมิ 100.C เป็นเวลา 60 นาทีนำไปพิมพ์ลายอุปกรณ์และทำการชุบตะกั่วบริเวณจุดบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์และทำการเป่าลมร้อน ในบางชิ้นที่ต้องทำการชุบทองที่จุดบัดกรีก็จะทำในลักษณะเดียวกันแต่เป็นทองคำแทนดีบุกเพื่อให้ตำแหน่งที่ใส่อุปกรณ์ในลักษณะของ Surface Mouse (SMD) วางอุปกรณ์ลงได้สนิทและเพื่อการนำไฟฟ้ายิ่งขึ้นตัดแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยเครื่อง CNC เมื่อต้องการตัดขอบแผ่นให้เป็นรูปร่างตามความต้องการ แต่ถ้าโดยปกติก็จะใช้เครื่อง V-Cut เซาะร่องแผ่นแบบธรรมดา

2.8 รูปร่างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์[3]

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาประกอบบนแผ่นวงจรพิมพ์มีรูปร่างต่าง ๆ แบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

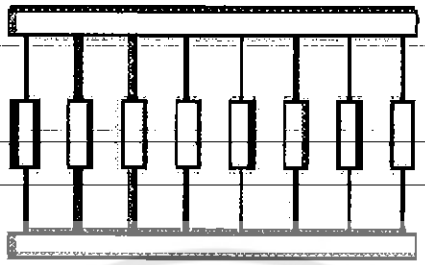
- **อุปกรณ์แบบมีขายาว Through Hole Devices (THD)**
- **อุปกรณ์แบบไม่มีขา Surface Mount Devices (SMD)**

อุปกรณ์ที่นำมาประกอบลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ มีขนาดและน้ำหนักที่แตกต่างกัน เล็กใหญ่น้ำหนักมาก ในขบวนการผลิตที่ใช้เครื่องจักรประกอบอุปกรณ์จะ มีขีดจำกัดในเรื่องเหล่านี้ การวางแผนการผลิตอาจแยกอุปกรณ์เฉพาะที่เครื่องจักรสามารถประกอบได้ ส่วนอุปกรณ์ที่เหลือสามารถใช้วิธีอื่น เช่นการใส่อุปกรณ์ด้วยคนเป็นต้น

อุปกรณ์แบบมีขายาว (Through Hole Devices (THD) อุปกรณ์ประเภท THD เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานทั่วไปได้แก่ Resistor Capacitor Inductor Transistor IC ฯลฯ ที่มีขายาวออกมาจากตัวอุปกรณ์มองได้ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2-14

รูปที่ 2-12 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ [3]

อุปกรณ์ประเภท THD ที่ใช้ในเครื่องจักรประกอบจะจัดเตรียมในรูปม้วนเทปกระดาษ (Paper tape) เทปติดอยู่ที่ปลายขาทั้งสองด้านของอุปกรณ์และติดต่อเนื่องกันไป การเก็บอุปกรณ์อยู่ในรูปม้วน หรือใส่กล่องพับไปมา ดังแสดงในรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 การจัดเตรียมอุปกรณ์ประเภท THD [3]

การเตรียมอุปกรณ์จะต้องคำนึงถึงขนาดของอุปกรณ์ที่อยู่ในม้วนเดียวกันจะต้องเท่ากัน หรืออยู่ในขนาดที่กำหนด เพราะขั้นตอนเมื่อนำเข้าเครื่องจักรประกอบจะต้องผ่านการตัดขาและพับขาอุปกรณ์ ตามที่กำหนดขนาดบนแผ่นวงจรพิมพ์ไว้คงที่ อุปกรณ์บนเทปแบ่งได้ 2 ชนิด

1. อุปกรณ์ชนิดเดียวตลอดม้วน
2. อุปกรณ์หลายชนิดตามการจัดลำดับการประกอบเป็นชุด ๆ ตลอดม้วน

อุปกรณ์แบบไม่มีขา Surfacc Mount Devices (SMD)

อุปกรณ์ประเภท SMD มีลักษณะเป็นแผ่น (Chip) มีขนาดเล็กถึงใหญ่เรียกชื่อตามชนิดอุปกรณ์

- Resistor Chip
- Capacitor Chip
- Inductor Chip
- Transistor Chip
- IC Chip
- ฯลฯ

ขนาดของอุปกรณ์กำหนดขนาด กว้าง x ยาว หน่วยการวัดเป็น มิล (mils) หรือ 1/1000 นิ้ว ในระบบอังกฤษ (English Unit System) และเมื่อเปลี่ยนหน่วยการวัดเป็น มิลลิเมตร (mm) 1 mm ประมาณเท่ากับ 40 mils

อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักรประกอบจัดเตรียมในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ และการออกแบบเครื่องจักรแยกได้เป็น 4 ประเภทคือ

- Paper tape (ม้วนเทปกระดาษ)

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

14999630

- Emboss tape (ม้วนเทปพลาสติก)
- Stick / Multistick type (หลอด)
- Ski – Slope type (หลอด)

เส้นเทปที่มีระยะและรูกำหนดตำแหน่งที่เป็นมาตรฐานอุปกรณ์ Resistor Capacitor ฯลฯ ที่มีขนาดเล็กสามารถใช้ติดบนเส้นเทปได้ ส่วนอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถใส่ในม้วนได้ เนื่องจากความกว้างมากกว่าเส้นเทป (Width) จะบรรจุในหลอดพลาสติกหรือถาดซึ่งได้แก่ IC ต่างๆ

ว/ร.
ว/4582
2550

บทที่ 3
การดำเนินงาน

บทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินการพัฒนาวงจรเพื่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด-ปิด ผ่านโทรศัพท์มือถือ เนื่องจากมีรายละเอียดค่อนข้างมาก ทั้งในส่วนของระบบสัญญาณโทรศัพท์ โครงสร้างระบบวงจรการทำงาน และโปรแกรม ดังนั้นสิ่งแรกที่ควรทำคือวิเคราะห์และออกแบบระบบภายในวงจร เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรกำหนดแผนการทำงานที่ชัดเจน โดยแผนงานในการสร้างวงจรสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

3.1 แนวทางการวางแผนและออกแบบ

ขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งการทำงานของวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับการพัฒนา มีรายละเอียดดังนี้

- รวบรวมรายละเอียดการทำงานของวงจร
- การจำลองการทำงานของวงจร
- ออกแบบระบบการทำงานของวงจร
- ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

3.1.1 รายละเอียดการทำงานของวงจร

การพัฒนาวงจรเพื่อให้ตอบสนองความต้องการมีรายละเอียดของวงจรดังนี้

1. วงจรสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 4 เอ้าท์พุต
2. วงจรมีเสียงตอบรับอัตโนมัติ
3. วงจรมีระบบความปลอดภัย ใส่พาสเวิดก่อนใช้งานเ พื่อจำกัดสิทธิของผู้ใช้งาน กรณีมีคนต่อสายเข้ามา
4. วงจรสามารถตรวจสอบสถานะ เปิด-ปิด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

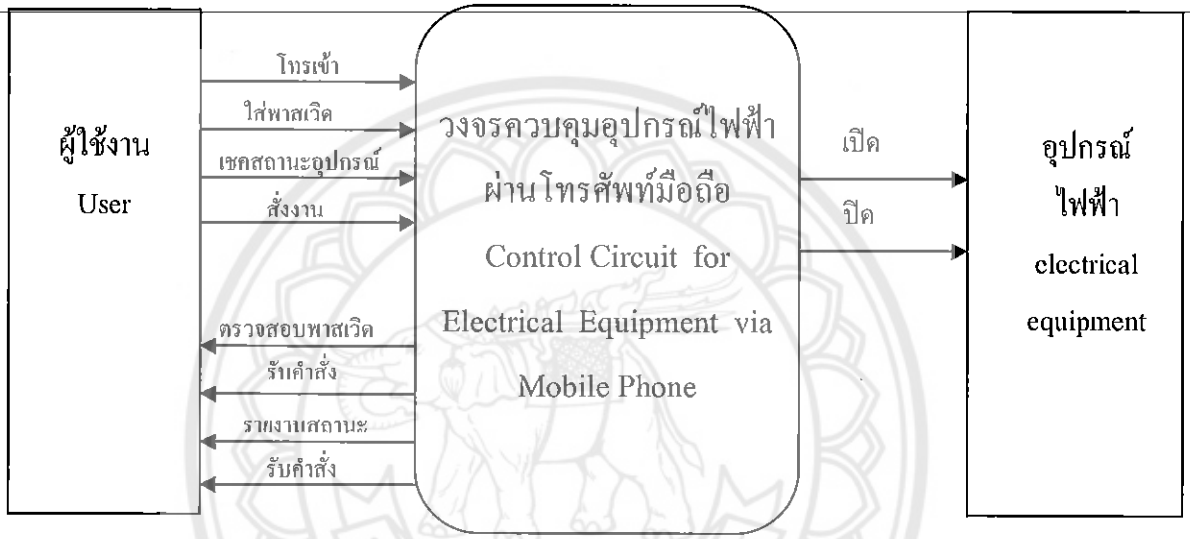
3.1.1.1 ออกแบบหลักการทำงานภายในวงจร

- วงจรตรวจสอบพาสเวิดการเข้าใช้งาน
- ในกรณีที่ผู้ใช้ลืมพาสเวิดหรือกรอกพาสเวิดผิด ระบบจะออกจากการทำงานทันที
- ระบบจะตรวจสอบสถานะ ของอุปกรณ์ไฟฟ้า รายงานสถานะของอุปกรณ์ด้วยเสียงตอบรับอัตโนมัต
- กดปุ่มเพื่อเลือกการสั่งงาน

3.1.2. การจำลองการทำงานของระบบ

อธิบายแบบจำลองการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

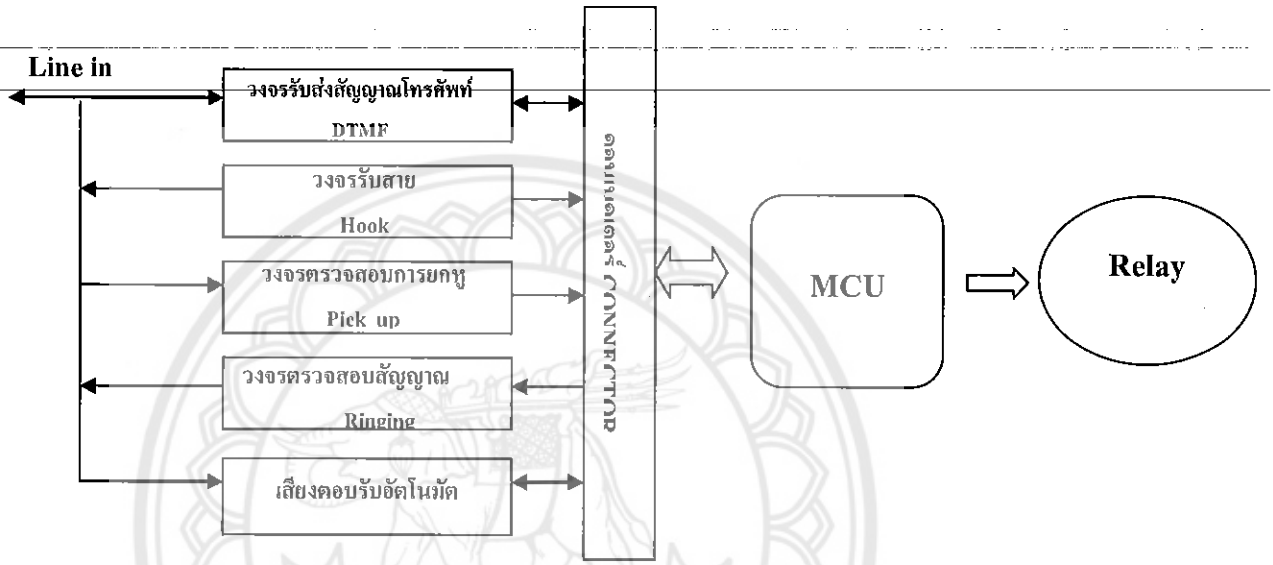
1. ผู้ใช้งาน ขอบเขตการสั่งงานผ่านโทรศัพท์มือถือ ต้องใส่รหัสผ่านให้ถูกต้อง
2. วงจรควบคุม ตรวจสอบพาสเวิดและรับคำสั่ง และสั่งงาน
3. อุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด-ปิด ได้ทั้งหมด 4 เอ้าท์พุต



รูปที่ 3-1 แผนผังวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.1.3 ออกแบบวงจรการทำงาน

การออกแบบภายในวงจรเพื่อการสั่งงานอย่างมีประสิทธิภาพและได้โครงสร้างที่ดี และตอบสนองการใช้งานทั้งหมด จำเป็นต้องมีภาคการทำงานต่อไปนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ภาคการทำงานใหญ่ คือ 1. ภาครับ 2. ภาคควบคุม 3. ภาคแสดงผล



รูปที่ 3-2 โครงสร้างภาคการทำงานในวงจร

หมายเหตุ การทำงานในแต่ละภาคอธิบายในบทที่ 2

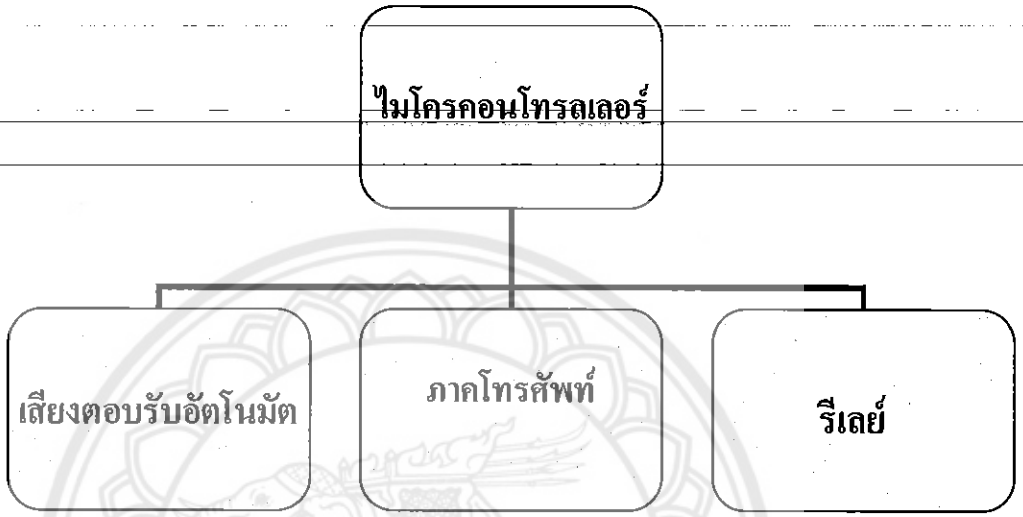
3.1.3.1 วิธีการออกแบบและดำเนินงานภาครับ

สำหรับการออกแบบวงจรภาครับ ซึ่งประกอบด้วยวงจร

- ออกแบบผ่านโปรแกรม protel 99
- ประกอบอุปกรณ์ลง PCB บอร์ดที่ออกแบบ
- ตรวจสอบแรงดันและกระแสในวงจร
- ประกอบลงกล่องเอนกประสงค์

3.1.3.2 วิธีการออกแบบวงจรภาคควบคุม

ออกแบบโครงสร้างของวงจรควบคุม โดยแบ่งออกเป็น3 ภาคการควบคุม ประกอบด้วย เสียงตอบรับอัตโนมัต ภาคโทรศัพท์ และรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 แผนภาพรวมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นภาคการทำงานที่สำคัญที่สุด ดังนั้นจำเป็นต้องเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับวงจร และการนำไปใช้ โดยดูจากค่าพารามิเตอร์และ data sheet

3.1.3.3 วิธีการออกแบบอุปกรณ์ทดลองวงจร

ประกอบด้วย หลอดไฟจำนวน 4 หลอดที่แสดงผลเป็นเอ้าท์พุตของวงจรโดยต่อเข้ากับกล่องทดลอง

- จำลองให้เป็นหลอดไฟ 4 หลอด
- ต่อเข้ากับกล่องเอนกประสงค์เพื่อทดลอง

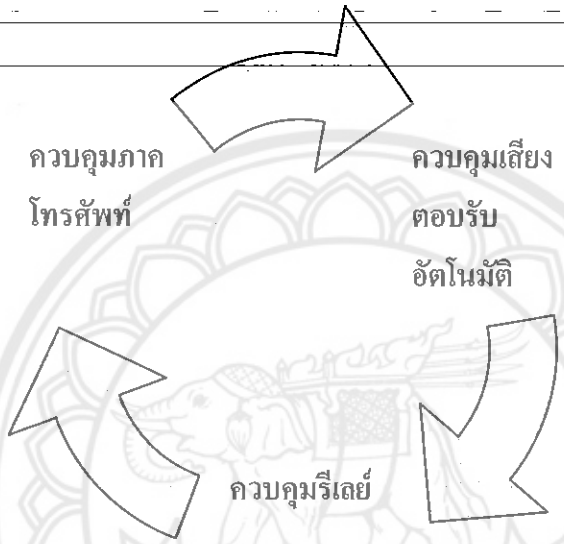
3.1.4 การออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรมคือส่วนที่เป็นตัวสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงาน ดังนั้นจึงต้องออกแบบโครงสร้างของระบบการจำลองการทำงานโดยร่างโปรแกรมออกเป็นลำดับขั้นตอนจะทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม หรือเขียนเป็นโครงสร้างของโปรแกรมในการทำงาน

- ร่างเงื่อนไขและการทำงานที่ต้องเขียนลงในกระดาษ
- เขียนเงื่อนไขและการทำงานเป็นโฟล์วชาร์ต

- ใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรม
- คอมไพล์โปรแกรม

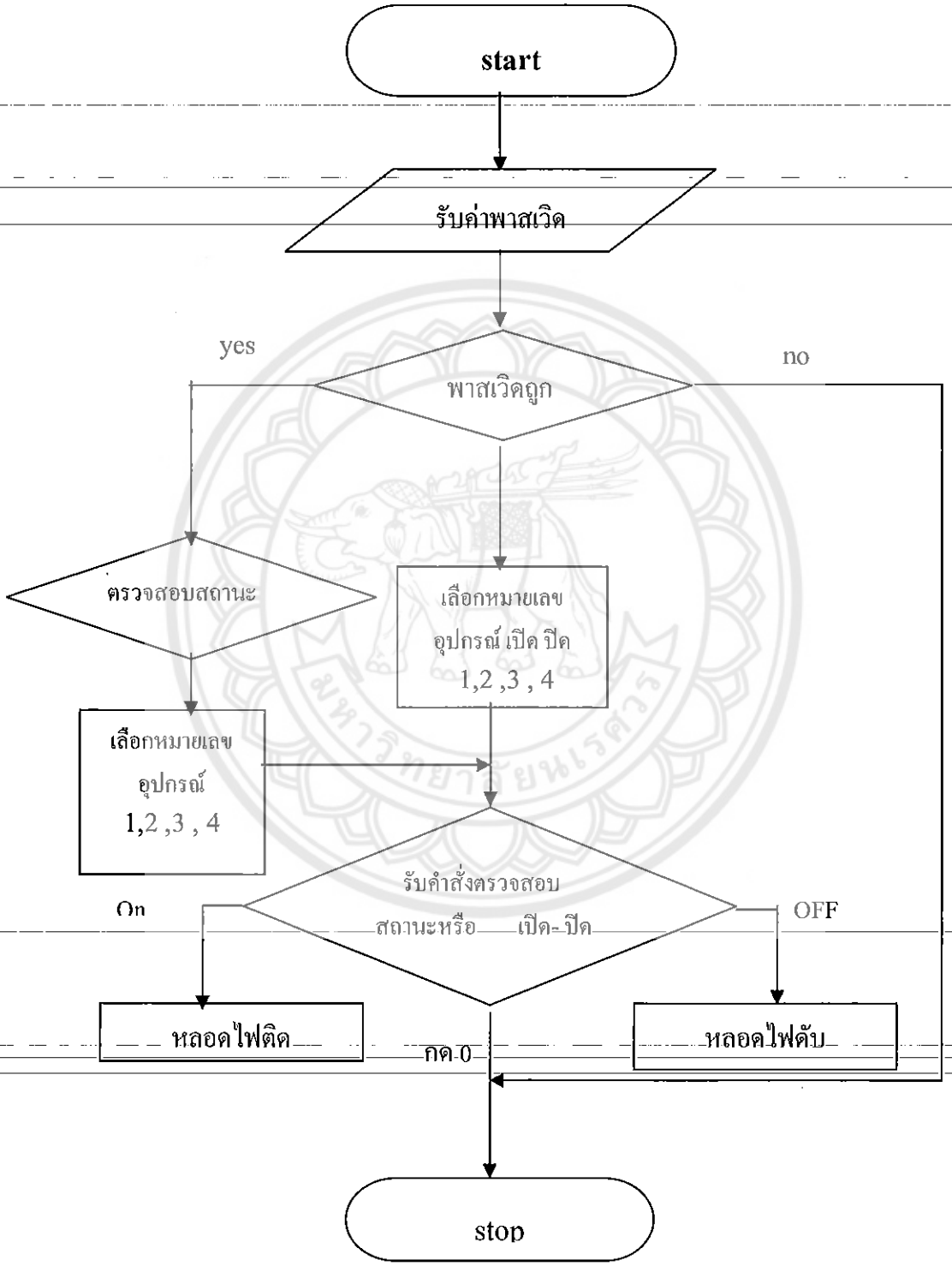
โดยที่โปรแกรมจะควบคุมการสั่งงานของไมโครคอนโทรลให้กับ 3 วงจรหลักซึ่งประกอบด้วย ควบคุมภาคโทรศัพท์ ควบคุมเสียงตอบรับอัตโนมัตและ ควบคุมรีเลย์ ดังแสดงในไดอะแกรมต่อไปนี้



รูปที่ 3-4 แผนภาพการควบคุมของโปรแกรม

3.14.1 การออกแบบโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรนเลอร์

การออกแบบคำสั่งและเงื่อนไขของโปรแกรมโดยเขียนเป็นลักษณะของโฟล์วชาร์ต เพื่อการเขียนโปรแกรมและกำหนดเงื่อนไขลักษณะการทำงานของโปรแกรมให้ง่ายขึ้นแสดงดังรูปที่3-5



รูปที่ 3-5 แสดงการเขียนโฟล์วชาร์ตของโปรแกรมควบคุม

บทที่ 4

การทดสอบ

การทดสอบระบบการทำงานของวงจร ในบทนี้จะทำการทดสอบการเปิด-ปิดหลอดไฟผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยต่อสายโทรศัพท์บ้านเข้ากับวงจรและต่อสายไฟจากวงจรควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับกล่องทดสอบเอนกประสงค์ซึ่งมีเอ้าท์พุทประกอบด้วยหลอดไฟจำนวน 4 หลอด และโทรเข้าสั่งงาน

4.1 การทดสอบ

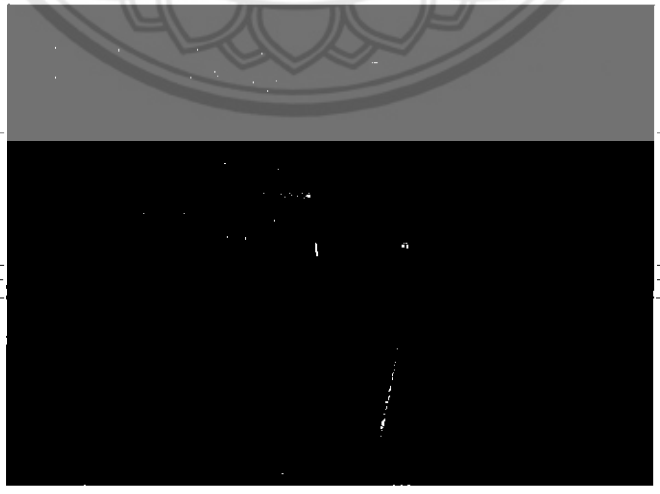
การทดสอบการทำงานเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อที่จะวัดผลการทำงานของวงจรว่าสามารถสั่งงานได้ตรงตามคำสั่งได้หรือไม่ โดยการทดสอบมีวัตถุประสงค์ 2 สิ่งคือ

1. ทดสอบการทำงาน
2. ประสิทธิภาพการทำงาน

4.1.1 ติดตั้งวงจร

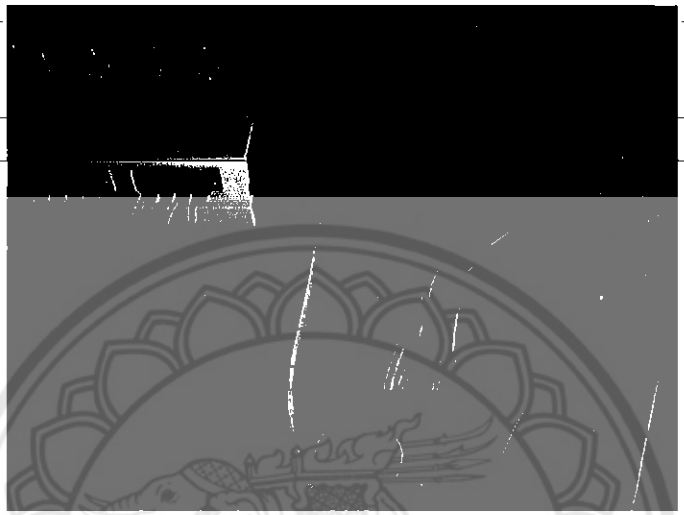
แสดงดังรูปในแต่ละการทำงาน

นำสายโทรศัพท์บ้านต่อเข้ากับวงจรจากวงจรควบคุม เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าและนำสายไฟซึ่งประกอบด้วยสายสีแดง 4 เส้นและสายกราวส์สีดำ 1 เส้นต่อเข้ากับกล่องทดสอบเอนกประสงค์ซึ่งมีเอ้าท์พุทประกอบด้วยหลอดไฟจำนวน 4 หลอด แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 การต่อใช้งานวงจรควบคุมกับบอร์ดทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า

ต่อสายโทรศัพท์เข้ากับวงจรควบคุมกล่องสีดำและสายไฟระหว่างเครื่องควบคุมเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งมีทั้งหมด 5 เส้นเข้ากับกล่องทดลองสีขาวเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการเปิดสวิตซ์ให้เสียบปลั๊กไฟทั้งสองปลั๊ก ลักษณะการต่อและการเปิดเครื่องเพื่อพร้อมใช้งานแสดงดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 แสดงการต่อวงจรการใช้งานรวม

4.1.3 การทดสอบครั้งที่ 1 ควบคุมหลอดไฟเปิด-ปิด ทีละหลอด

4.1.3.1 ผลการทดสอบครั้งที่ 1

- เมื่อโทรศัพท์เข้าที่โทรศัพท์บ้านที่เป็นตัวรับแล้วจะมีเสียงตอบรับอัตโนมัติให้ใส่พาสเวิร์ดให้ถูกต้อง
- กดเลือกหมายเลขที่ต้องการเชคสถานะ
- กด 0 เพื่อต้องการสั่งงาน
- เลือกหมายเลขที่ต้องการเปิด ปิด
- กด 0 เมื่อต้องการออกจากฟังชั่นการทำงาน

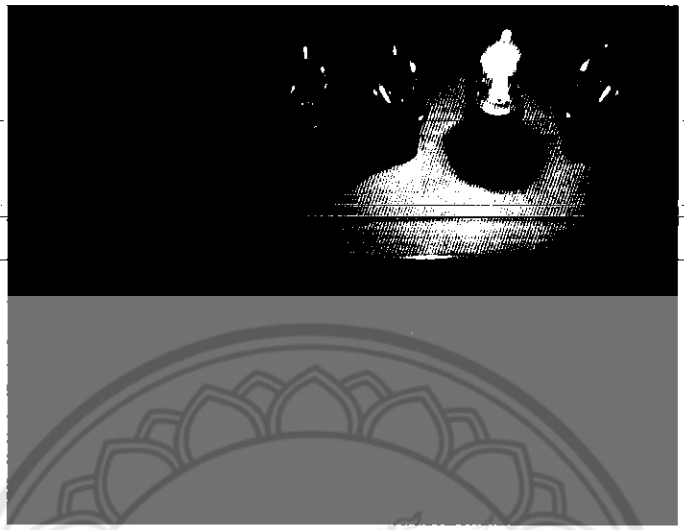
เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่ม 1 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่1 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 1 สว่างดังรูปที่ 4-3

รูปที่ 4-3 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 1

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่ 2 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่2 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 2 สว่างดังรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-4 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 2

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่ 3 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่ 3 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 3 สว่างดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 3

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่ 3 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่ 3 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 3 สว่างดังรูปที่ 4-4

รูปที่ 4-5 แสดงผลของหลอดไฟเมื่อกดปุ่มที่ 4

4.1.4 การทดสอบครั้งที่ 2 ควบคุมหลอดไฟเปิดไล่ลำดับ 1- 4

4.1.4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 2

- เมื่อโทรศัพท์เข้าที่โทรศัพท์บ้านที่เป็นตัวรับแล้วจะมีเสียงตอบรับอัตโนมัติให้ใส่พาสเวิร์ดให้ถูกต้อง
- กดเลือกหมายเลขที่ต้องการเชคสถานะ
- กด 0 เพื่อต้องการสั่งงาน
- เลือกหมายเลขที่ต้องการเปิด ปิด
- กด 0 เมื่อต้องการออกจากฟังชั่นการทำงาน

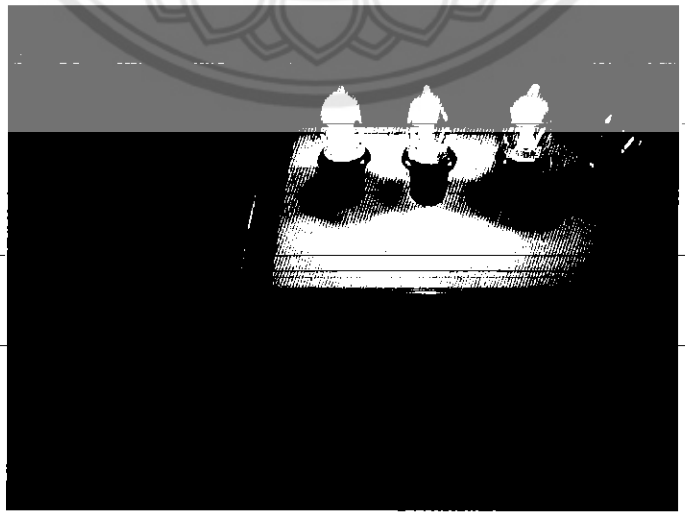
เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่ม 1 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่ 1เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 1 สว่างดังรูปที่ 4-3

รูปที่ 4-6 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่ม 1 และกดปุ่ม2 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่1 และดวงที่ 2 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 1และดวงที่ 2 สว่างดังรูปที่ 4-3

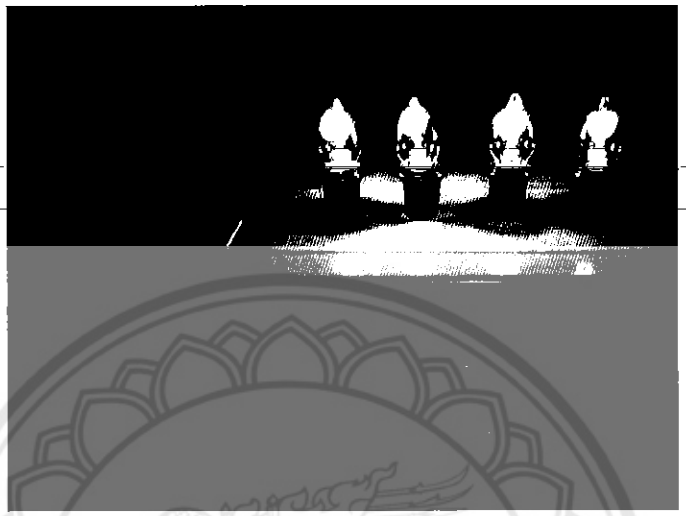
รูปที่ 4-7 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1และ 2

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่1 กดปุ่ม2 และกดปุ่มที่3 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่1 ดวงที่ 2 และดวงที่3 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟ ดวงที่ 1 ดวงที่ 2 และดวงที่ 3 สว่างดังรูปที่ 4-3



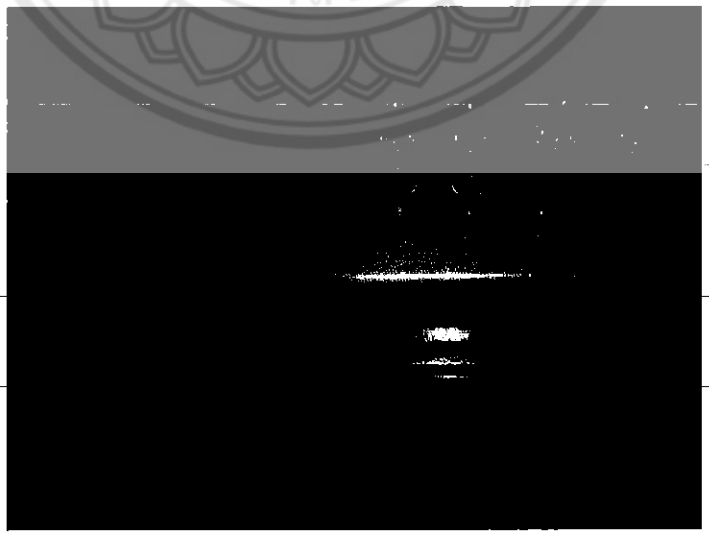
รูปที่ 4-8 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1, 2, และ 3

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่1 กดปุ่มที่2 กดปุ่มที่3 และกดปุ่มที่4 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่1 ดวงที่ 2 ดวงที่3 และดวงที่4 เปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 1 ดวงที่ 2 ดวงที่ 3และดวงที่ 4 สว่าง ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-9 ผลการสั่งงานเมื่อกดปุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4

เมื่อเปิดสวิตซ์การทำงานและใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว กด 0 และเลือกกดปุ่มที่1 กดปุ่มที่2 กดปุ่มที่3 และกดปุ่มที่4 เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่1 ดวงที่ 2 ดวงที่3และดวงที่4 ปิด ผลการแสดงทำให้หลอดไฟดวงที่ 1 ดวงที่ 2 ดวงที่ 3 และดวงที่4 ดับ ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-10 แสดงผลการสั่งงานเมื่อกดดับ

4.1.3 ประสิทธิภาพของวงจร

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างวงจรที่สร้างขึ้นเองและวงจรทั่วไปที่มีวางขายในท้องตลาดใน ลักษณะ 4 เอ้าท์พุต แสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างวงจรที่สร้างขึ้นและที่มีขายในท้องตลาด

ฟังก์ชั่นการทำงาน	วงจรที่สร้างขึ้นเอง	วงจรในท้องตลาด
เสียงตอบรับอัตโนมัติ	มี	ไม่มี
การตรวจสอบพาสเวิด	มี	ไม่มี
การเปิด-ปิด อุปกรณ์	มี	มี
ราคา- ต้นทุน	ต่ำ	สูง
ความถูกต้องของการทำงาน	ดี	ดี

บทที่ 5
สรุปผล

ในการทำโครงงานการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยนำสัญญาณโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณความถี่ (ความถี่สูงผสมความถี่ต่ำ) อาศัยการทำงานของ MT8888CE แปลงสัญญาณความถี่มาเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงส่งต่อไปยังภาคควบคุมโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งงานรีเลย์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด - ปิด ผลการทำงานสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการใช้งาน

จากการทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์มือถือที่ได้พัฒนาขึ้นพบว่าสามารถสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 4 เอ้าท์พุทตลอดพื้นที่ ที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งานและสามารถตอบสนองต่อคำสั่งด้วยความรวดเร็วในการทำงานตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากผลสรุปการทำงานได้สังเกตุเห็นข้อบกพร่องของระบบการสั่งงานผ่านโทรศัพท์มือถือจึงได้มีข้อเสนอแนะและพัฒนาระบบการทำงานของวงจรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งได้แก้ไขระบบการทำงานที่ยังไม่มีเสถียรภาพในการสั่งงานหลอดไฟดับทีละหลอด ดังนั้นควรทำการตรวจเชคขาของไอซีให้ยึดติดแน่นกับซ็อกเก็ตและภาคควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด- ปิดและพัฒนาให้ไม่มีข้อบกพร่องอีกต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

- พัฒนาการควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ ในการสั่งงาน อุปกรณ์ชนิดอื่นๆ
- พัฒนาให้มีจำนวนเอ้าท์พุตมากกว่า 4 เอ้าท์พุท

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ .**เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ดอกหญ้า กรุ๊ป 2549

[2] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ .**หลักการไฟฟ้าสื่อสาร.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546

[3] อนันท์ คัมภิรานนท์ .**อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด2542

[4] http://www.en.kku.ac.th/engineer/project/files/EE2003-20-104-1-%C3%D2%C2%A7%D2%B9.pdf

[5] http://www.sbtc.ac.th/electronicseasy/pcb1-1.html

[6] http://www.te.kmutnb.ac.th/~msn/phonerecorderproject.pdf

[7] http://www.silaresearch.com/data/mt8888c.pdf

[8] ไม่ทราบชื่อผู้แต่ง. "เอกสารประกอบทฤษฎีโทรศัพท์และไมโครคอนโทรลเลอร์" บริษัท ศิลาจำกัด

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์

```
*/
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>

#include<string.h>
#include<intrins.h>
#include <math.h>
#include<p89v51rx2.h>
#include "MT8888.c"
//#include "LCD4Bits.h"

#define ON              0
#define OFF             1
#define   ACK   1
#define   noACK  0
#define   STATUS_REG_W     0x06
#define         STATUS_REG_R       0x07
#define   MEASURE_TEMP    0x03
#define   MEASURE_HUMI    0x05
#define   RESET                    0x1E

// baud rate generater
#define XTAL 11059200L                  // XTAL frequency  11059200UL
#define X_Speed 2                       // RD2 = 2
#define Baud_Rate 115200L
#define IncomingSet             4
#define RetrySet                3
```

```
#define Time_out       20000

code unsigned int Reload = 65536-(XTAL/((32L/X_Speed)*Baud_Rate));
code unsigned int Reload2 = 65536-(XTAL/((32L/X_Speed)*9600L));
unsigned char T500uSec=0  ,EEPROM=0, RxIndex=0;
unsigned char RxBuffer[20]={0};
unsigned int Hookcnt=0,water_value=50;
unsigned int iTime_out=0,Data=0,LCD=0,ADC=0;

unsigned char mode=0,tone_index=0,tone[4]={0};

sbit  PLAY  = P1^0;
sbit  FRW       = P1^1;
sbit  reset_sound = P1^2;

sbit  RELAY1 = P1^3;
sbit  RELAY2 = P1^4;
sbit  RELAY3 = P1^5;
sbit  RELAY4 = P1^6;
```

```
//*********************************************************************
// Timer Interrupt evary 25mSec
void Timer_0_Int (void) interrupt 1
{
        TH0 = 0x4b;
        TL0 = 0xfe;
        TR0 = 1;
        T500uSec += 1;
        if (T500uSec > 40) // 1 Sec
                {
                }
}
//*********************************************************************

char putchar(unsigned char c)
{
if(!LCD)
{
        ES0 = 0;
        if (c=='\n')
        {
                SBUF = 13;
                while(!TI);
                TI = 0;
                SBUF = 10;
                while(!TI);
                TI = 0;
        }
        else
        {
                SBUF = c;
                while(!TI);
```

```
            TI = 0;
        }
        RI = 0;
        ES0 = 1;
    }
    else    //      Write to LCD
    {
        /*      if (c=='\n')
            {
                if (nCol > 16) nCol = 32;
                else nCol = 16;
                return(0);
            }
            else
            {
                switch(nCol)
                {
                case 16 : WriteInstr(Line2);                    break;
                case 32 : WriteInstr(Line1); nCol = 0;      break;
                }
            }

        WriteData(c);                                   // write data to LCD
        nCol++;
        EA = 1;
        return(0); */

    }
        return(c);
    }
    //*************************************************************************
```

```
// Recieve data from GSM @ GPRS Module
void Recieve_Data (void) interrupt 4
{
//   unsigned char j;
        RI = 0;
        if (SBUF > 30)
                {
                        RxBuffer[RxIndex] = SBUF;
                        RxIndex += 1;
                }
        else
        {
                if (SBUF==10)
                {

                }
                }
}

void play_rec(char pl)
{
        char ii=0;

        reset_sound=1; Delay(300);
        reset_sound=0; Delay(300);

        for(ii=1;ii<pl;ii++)
        {
                FRW=1;Delay(300);
```

```
            FRW=0;Delay(300);
        }
        PLAY=1;         Delay(300);
        PLAY=0;         Delay(300);

}

void main(void){

        unsigned int i=0;
        TMOD = 0x11;                        // Timer 1 mode 2 auto reload
        SCON = 0x50;                        // Receive Enable
        RCAP2H = (Reload >> 8) & 0xFF;
        RCAP2L = (Reload & 0xFF);
        T2CON = 0x34;
        ES0     = 1;                                /* Enable Timer 1 interrupt*/
        AUXR |= 0x1;                        // Disable ALE reduce noise
        TH0 = 0x4b;
        TL0 = 0xfe;
        TR0 = 0;
        ET0 = 1;
        EX0 = 0;
        EX1 = 0;
        P0 = 0;

        Ring=1;
        IRQ=0;
        P1=0;

        play_rec(1);
```

```
    EA      = 1;                                    /* Global interrupt Enable */

    //printf("System Initial detial\n");
    st: printf(" System initial recive \r\n");
    Hook_Off();
    Delay(200);
Init_MT8888();
    Delay(2000);
    //Hook_On();
    //Delay(500);
    Rx_Mode();      /* Rx  Mode  */
    Delay(1000);
    CheckRing(5);
    Hook_On();
    Hookcnt=0;

    play_rcc(1);
    tone_index=0;
    printf(" System start Receive data\r\n");

    mode=0;

    while(1)
    {
```

```
//************************ RECEIVE DATA ******************
                while((RD_Status() & 0x04)!= 0x04)
                {
                        iTime_out++;

                        printf("%i\r\n",iTime_out);
                        if (iTime_out > 5000)
                        {
                                iTime_out=0;
                                CheckRing(12);
                                Delay(1000);
                                Hook_Off();
                                Delay(500);

                                tone[0]==10;
                                mode=2;
                            goto st;
                                printf("Time out ");
                        }
                }
        {
                Data    =       RD_DTMF();
                        printf("%i",Data);
                        iTime_out=0;
                        tone[tone_index] = Data;
                        tone_index++;

                        if ((tone_index >=4) && (mode==0))
                        {
                                if (    (tone[0]==1) &&
                                        (tone[1]==2) &&
                                        (tone[2]==3) &&
```

```
                                        (tone[3]==4))
                                    {
                                        play_rec(2);
                                        printf(" password ok\r\n");
                                        tone_index=0;
                                        tone[0]=0;
                                        mode=1;
                                    }
                                    else
                                    {
                                        play_rec(3);
                                        printf(" password correct \r\n");
                                        tone_index=0;

                                        mode=0;
                                        goto st;
                                    }
                                }
                            }
                            //*************************************************************

                            if (mode==1) //check status
                            {
                                if (tone[0]>0)
                                {
                                    if (tone[0]==1)
```

```
                {
                        if (RELAY1==1) play_rec(4);
                        else  play_rec(5);
                }
                else if (tone[0]==2)
                {
                        if (RELAY2==1) play_rec(6);
                        else  play_rec(7);
                }
                else if (tone[0]==3)
                {
                        if (RELAY3==1) play_rec(8);
                        else  play_rec(9);
                }
                else if (tone[0]==4)
                {
                        if (RELAY4==1) play_rec(10);
                        else  play_rec(11);
                }

                else if (tone[0]==10)       mode=2;

                tone[0]=0;
                tone_index=0;
        }
}

if (mode==2)
{
        if (tone[0]>0)
        {
                if (tone[0]==1)
```

```
{
        RELAY1 = ~ RELAY1;

        if (RELAY1==1) play_rec(4);
        else  play_rec(5);

}
else if (tone[0]==2)
{
        RELAY2 = ~ RELAY2;

        if (RELAY2==1) play_rec(6);
        else  play_rec(7);

}
else if (tone[0]==3)
{
        RELAY3 = ~ RELAY3;

        if (RELAY3==1) play_rec(8);
        else  play_rec(9);
}
else if (tone[0]==4)
{
        RELAY4 = ~ RELAY4;
        if (RELAY4==1) play_rec(10);
        else  play_rec(11);
}


else if (tone[0]==10)   goto st;
```

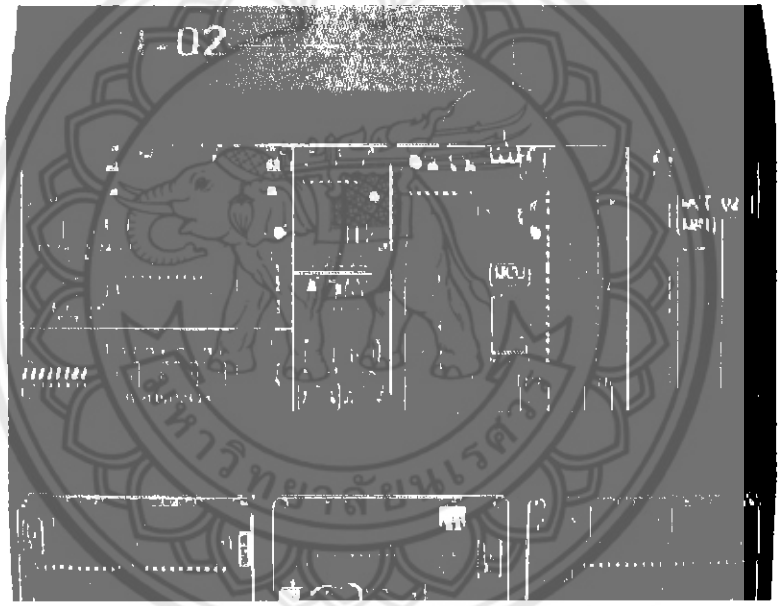
```
                tone[0]=0;
                tone_index=0;
            }
        }
    }
```

ภาคผนวก ข

Quick start guide for MCS-51 programming by Flash Magic Software[MCU : P89V51RD2]

HARDWARE SETUP

ต่อสาย RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และจ่ายไฟให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



SOFTWARE SETUP

การใช้งานซอฟต์แวร์ Flash Magic ในการ โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 บนบอร์ด NX-51V2 plus และ EX-51 Plus

ในการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2 ขอแนะนำให้ใช้ซอฟต์แวร์ที่ชื่อ Flash magic ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Embedded Systems Academy ภายใต้การสนับสนุนโดยNXP หรือในชื่อเดิม Philip สามารถดาวน์โหลดฟรีที่ http://flashmagictool.com ปัจจุบันพัฒนามาถึงเวอร์ชั่น 4.13 ซึ่งมีความสามารถมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีการเพิ่มเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมได้ รวมไปถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM 32 บิตในอนุกรม LPC2XXXX สำหรับในที่นี้ขอเน้นไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม

P89XXXX โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเบอร์ P89V51RD2 เมื่อนำมาใช้งานร่วมกับบอร์ดทดลอง NX-51V2 plus และบอร์ด EX-51 plusในชุด skit-51RD2 V3.0

1. การติดตั้งซอฟต์แวร์ Flash Magic

ปกติในแผ่นซีดีรอมที่จัดมาพร้อมกับบอร์ดทดลอง NX-51V2 plus และชุด Skit-51RD2 V3.0 ได้บรรจุซอฟแวร์ Flash Magic มาด้วย แต่สามารถดาวน์โหลดเวอร์ชั่นใหม่ที่อาจมีได้จากเวปไซน์ http://www/flashmagictool.com

เมื่อดาวน์โหลดมาเรียบร้อยแล้วก่อนการติดตั้งควรถอนหรือ uninstall ซอฟต์แวร์Flash Magic เวอร์ชั่นก่อนหน้าออกเสียก่อน จากนั้นจังดับเบิลคลิกที่ไฟล์ติดตั้งนั้น แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่แจ้งมาจนกระทั่งการติดตั้งเรียบร้อย

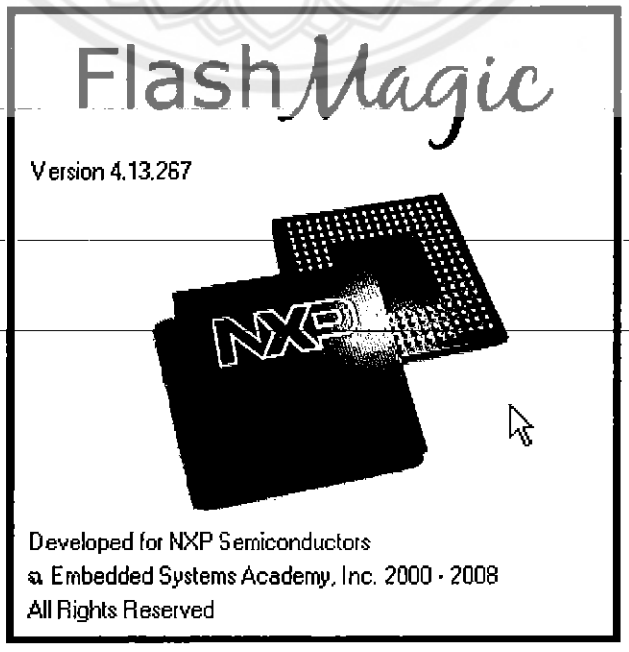
2. กำหนดคุณสมบัติการใช้ขาสัญญาณ DTR ครั้งแรกก่อนการใช้งาน

หลังจากติดตั้งซอร์ฟแวร์ Flash Magic เวอร์ชั่น4.13 ก่อนการใช้งานจะต้องตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานขาสัญญาณควบคุม DTR ภายในซอฟต์แวร์ Flash Magic เสียก่อน

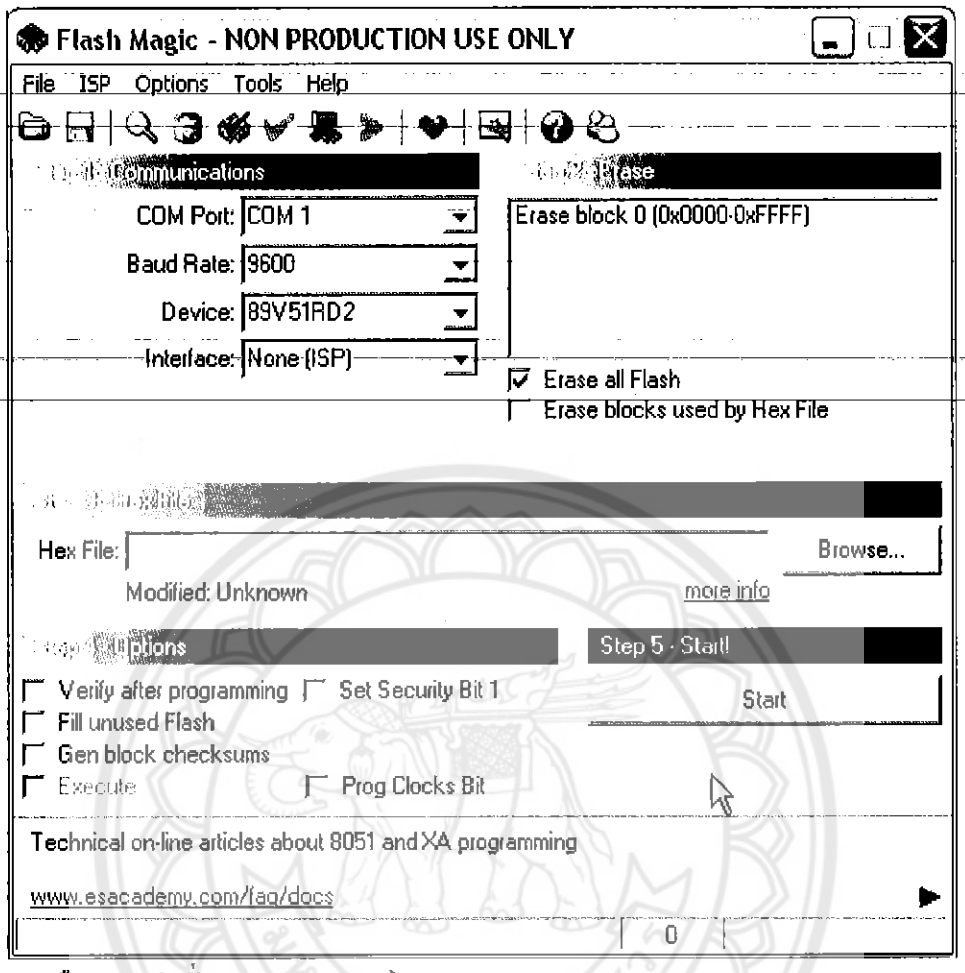
ในการใช้งานกับบอร์ดทดลอง NX-51V2 plus และบอร์ดEx-51 plus ในชุด skit-51RD2 V3.0 กับ Flash Magic จะต้องยกเลิกหรือดิสเอเบิลการใช้งานขาสัญญาณ DTR ร่วมในการโปรแกรม โดยมีขั้นตอนในการตั้งค่าดังนี้

3. การใช้งาน Flash Magicกับไมโครคอนโทรลเลอร์ P89V51RD2

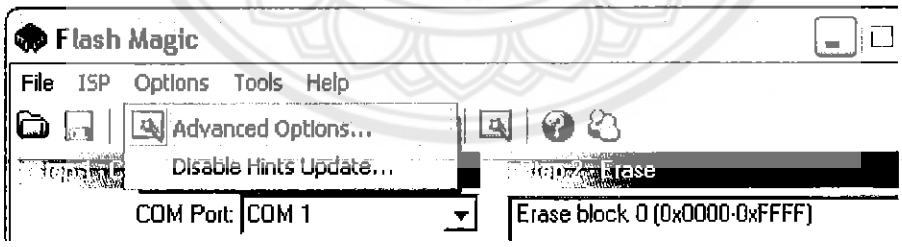
(1) เปิดโปรแกรม Flash Magicไตเติลของโปรแกรมขึ้นดังรูป



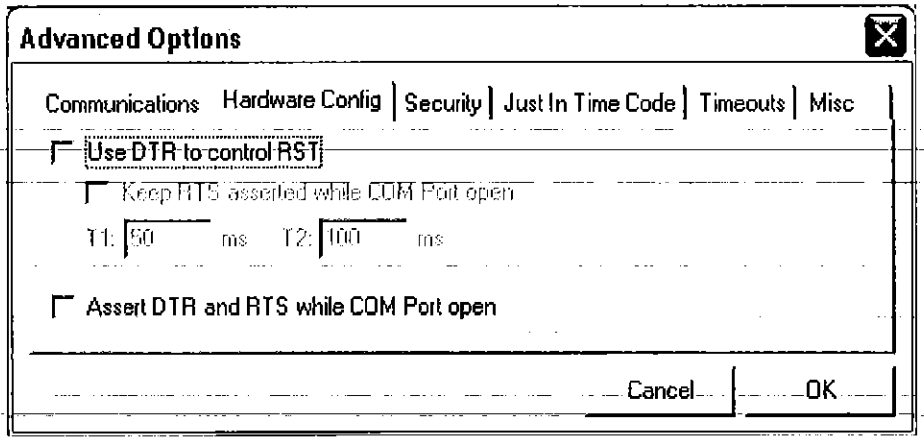
จากนั้นเข้าสู่หน้าต่างหลักของโปรแกรม



(2) เลือกเมนูคำสั่ง Option → Advance Option



(3) จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างAdvance Option เลือกไปยังแท็ป Hardware Config แล้วยกเลิกเครื่องหน้ารายการ Used DTR control RST ออกให้เป็นไปตามรูป



(4) คลิ๊กที่ปุ่ม ok เพื่อยืนยันการทำรายการนี้

3. ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมไปยังบอร์ดพัฒนา

(1) ต่อสายดาวน์โหลดระหว่างบอร์ดทอลอง NX-51V2 plus หรือบอร์ดEX-51 plus ในชุด Skit-51RD2 V3.0 กับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ (หรือถ้าต้องใช้พอร์ต USB สามารถใช้ตัวแปลงสัญญาณพอร์ต USB สามารถใช้ตัวแปลงสัญญาณพอร์ต USB เป็นพอร์ตอนุกรมได้)

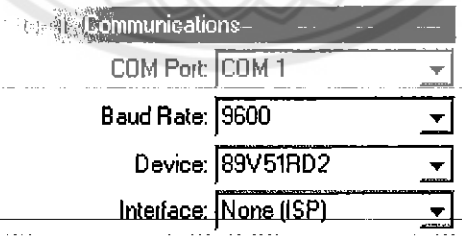
(2) กำหนดคุณสมบัติในการติดตั้งที่ Step 1 – Communication เริ่มจาก

(2.1) เลือกพอร์ตอนุกรมในช่อง COM port เป็นตำแหน่งที่เชื่อมต่อระหว่างบอร์ดทอลองกับคอมพิวเตอร์ ในที่นี้COM1

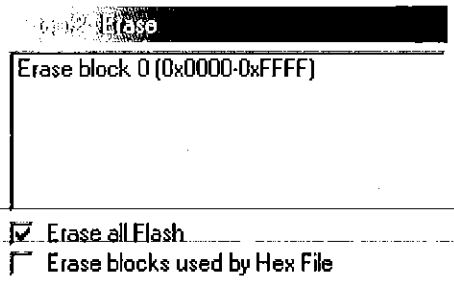
(2.2) เลือกอัตราบอดเป็น 9600

(2.3) เลือกเบอร์ในช่อง Device เป็น 89V51RD2

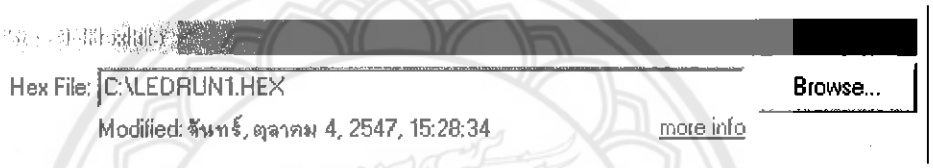
(2.4) ในช่อง Interface เลือกเป็นNone (ISP) หมายถึงเลือกรูปแบบการติดต่อแบบไม่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อ ทำการโปรแกรมแบบในระบบหรือในวงจร



(3) ที่Step 2 – Eraser เป็นการเลือกการลบข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟรชของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เลือกรายการ Erase all Flash

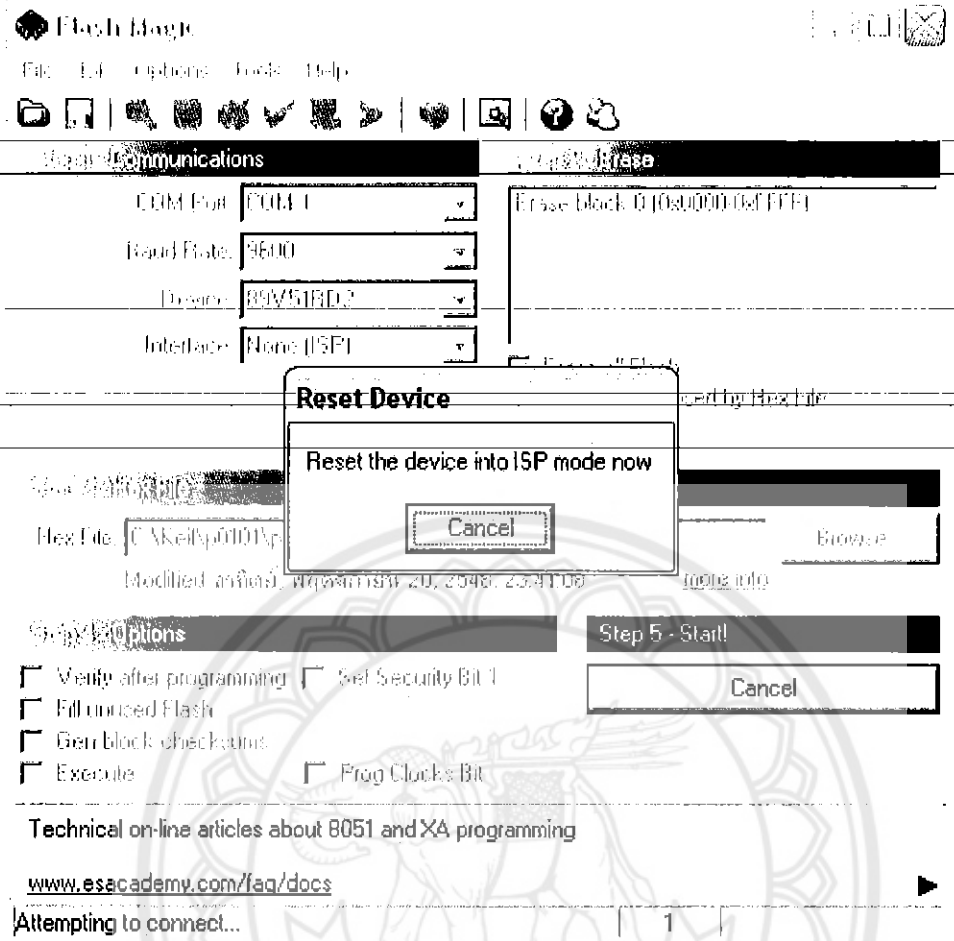


(4) เลือกไฟล์ผลลัพธ์นามสกุล .hex ที่ต้องการดาวน์โหลดลงสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในช่องของStep 3 – Hex File โดยคลิ๊กที่ปุ่ม Brownse เพื่อเลือกตำแหน่งของไฟล์ *hex ที่ต้องการจากตัวอย่าง ต้องการดาวน์โหลดไฟล์ LEDRUNI.hex ซึ่งเก็บอยู่พาธ C:\LEDRUNI.hex



(5) ในStep 4 – Option เป็นการกำหนดคุณสมบัติพิเศษ มีพารามิเตอร์ 2 ตัวที่ต้องสนใจคือ

Verify after programming เลือกเมื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องในการโปรแกรม หลังจากที่โปรแกรมข้อมูลแล้ว จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลในบัฟเฟอร์อีกครั้งProg Clocks bit เลือกเมื่อต้องการกำหนดความเร็วในการทำงานของซีพียูเป็น6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่ง ซึ่งปกติในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีความเร็วมาตรฐานเป็น 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่ง และใน P89V51RD2 จะกำหนดเป็น 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งเป็นค่ากำหนดจากโรงงาน เมื่อเลือกเปลี่ยนเป็นแบบ 6 ไซเกิล สัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่ง หรือ x2 แล้วจะกระทำได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น โดยหลังจากนี้ผู้พัฒนาจะไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาใช่ความเร็ว 12 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งได้อีก สำหรับในการดาวน์โหลดครั้งต่อๆไปไม่จำเป็นต้องเลือกคุณสมบัตินี้อีก Start ในกรอบ Step 5 – Start! เพื่อเริ่มดาวน์โหลดโปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างแจ้งให้ทำการรีเซตบอร์ด



(7) ให้เปิดสวิตซ์เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงในจังหวะนี้ หน้าต่างแจ้งเตือนการรีเซตจะหายไปและกระบวนการโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นขึ้น ที่แถบด้านล่างของหน้าต่างหลักจะเป็นแถบแสดงสถานการณ์ทำงาน เมื่อการดาวน์โหลดสิ้นสุดลงปรากฏข้อความว่า Finish

(8) กดสวิตซ์ RESET อีกครั้งเพื่อเริ่มต้นรับโปรแกรม

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายปริญญา แสงทอง

ภูมิลำเนา 10 หมู่ 5 ต. บ่อทอง อ. บางระกำ จ. พิษณุโลก 65140

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากวิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีที่ 4
  สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: gangnoi_nu@hotmail.com