ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

TTL INTEGRATED CIRCUIT TESTER SET FOR LABORATORY

อนุพันธุ์ เลิศประพันธ์

ANUPAN LERTPRAPAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-ED-M-231-349

ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

TTL INTEGRATED CIRCUIT TESTER SET FOR LABORATORY

อนุพันธุ์ เฉิดประพันธ์

ANUPAN LERTPRAPAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....82857
วัน,เดือน,ปี.....25 ก.ค. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-ED-M-231-349

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TTL INTEGRATED CIRCUIT TESTER SET FOR LABORATORY

ANUPAN LERTPRAPAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-ED-M-231-349

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory

ชื่อนักศึกษา นายอนุพันธุ์ เลิศประพันธ์

รหัสประจำตัว 46065515

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
ผศ.ดร.พรพิมล	ฉายรัศมี	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	
ผศ.ประเสริฐ	เคนพันค้อ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 23 เมษายน 2551 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาโท 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 30 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือแสวงหาผลประโยชน์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ
นักศึกษา	นายอนุพันธุ์ เลิศประพันธ์
รหัสประจำตัว	46065515
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ฉายรัศมี

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาคุณภาพ และประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น โดยตั้งสมมุติฐานไว้ ว่าคุณภาพ ของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่วัดได้จากแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 3.50 ขึ้นไป และมีประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานซึ่งตรวจสอบโดยใช้ตัวอย่าง ไอซีตระกูล TTL จำนวน 60 เบอร์ ได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ปฏิบัติการสอนทางด้านดิจิตอลหรือทางด้านไมโครคอนโทลเลอร์จำนวน 15 ท่าน เพื่อทำการประเมินหาคุณภาพ โดยการทดลองซึ่งมีการทดลอง 4 เรื่อง ประกอบด้วย 1) ตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ตัวที่ดี ได้ถูกต้องทุกครั้ง และทุกเบอร์ 2) ตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ตัวที่เสีย ได้ถูกต้องทุกครั้ง และทุกเบอร์ 3) ตรวจสอบไอซีตระกูล TTL โดยให้หาเบอร์ไอซีเองโดยอัตโนมัติ ได้ทุกครั้ง และทุกเบอร์ และ 4) แสดง Data sheet ของไอซี เบอร์ที่เราต้องการได้ถูกต้องทุกครั้ง และทุกเบอร์ เมื่อทดลอง เสร็จแล้ว ทำการเก็บข้อมูลที่ได้

ผลการวิจัย พบว่า ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL มีคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งานในระดับดี ($\overline{X} = 4.45, S.D. = 0.72$) และสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ ไอซีตระกูล TTL ได้อย่ามีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory
Student	Mr.Anupan Lertprapan
Student ID.	46065515
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Dr.Pornpimon Chayratsami

ABSTRACT

The thesis was presented the development of TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory. The objective was to search for quality and efficiency of the developed TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory. It was supposed that the quality of TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory could be proved in accordance with the quality evaluation of TTL by the expert which the average was not less than 3.50. In addition, the efficiency experiment was evaluated by trying users which were correctly 100 percents.

The TTL Tester Set sample group used for this research by trying users was the expert in electronic or micro controller teachers; 15 peoples. They made evaluation in order to search for the quality and the TTL which begun with the code number of 74 on 60 numbers. The experiment consisted of 4 issues: (1) The TTL Tester Set was to search for good TTL righty every time and every numbers. (2) The TTL Tester Set was to search for bad TTL righty every time and numbers. (3) The TTL Tester Set could search the TTL number automatically every time and every numbers. (4) To show datasheet of the required TTL rightly every time and every numbers. Once the experimentations were finished there would be data recording.

The thesis result was to imply that the TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory was high quality which the average was 4.45 and 100 percents efficiency. The TTL Integrated Circuit Tester Set for Laboratory will become a tool to test TTL Integrated Circuit in Laboratory efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ฉายรัศมี ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด และอาจารย์ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ ที่กรุณาสละเวลา พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการประเมินเครื่องมือทั้ง 15 ท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานเป็นอย่างดีรวมถึง ทั้งครูอาจารย์ และพระคุณพ่อ แม่ เพื่อนและรุ่นพี่ที่ให้การสนับสนุนเกื้อหนุนทั้งกำลังทรัพย์และกำลังใจตลอดจนคำปรึกษาและความรู้ต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

อนุพันธุ์ เลิศประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....2

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....3

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย.....4

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 หลักการของไอซี TTL.....5

2.2 การตรวจสอบไอซี TTL.....21

2.3 การออกแบบ และการพัฒนา ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ.....22

2.4 การหาคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์และด้านการใช้งา.....37

2.5 การหาประสิทธิภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์.....37

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....41

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....41

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....41

3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....46

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย....48

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....49

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ....54

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย....54

5.2 สมมุติฐานการวิจัย....54

5.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย....55

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....55

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล....55

5.6 สรุปผลการวิจัย....56

5.7 การอภิปรายผลการวิจัย....56

5.8 ข้อเสนอแนะ....58

บรรณานุกรม....60

ภาคผนวก....63

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างหนังสือราชการที่ใช้ในการวิจัย....64

ภาคผนวก ข. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ....66

ภาคผนวก ค. การประเมินคุณภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน....68

ภาคผนวก ง. รูปด้านหน้าและด้านข้างของชุดตรวจสอบไอซี ตระกูล TTL....72

ภาคผนวก จ. ตารางแสดงผลการประเมินหาประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....74

ภาคผนวก ฉ. ภาพบรรยากาศที่ไปเก็บข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญ....80

ภาคผนวก ช. แบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการใช้งาน ของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ซ. คู่มือการใช้งานของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL
สำหรับห้องปฏิบัติการ.....86

ประวัติผู้เขียน.....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ....49

4.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ....51

4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งานของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ....52

4.4 การประเมินหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการเป็นไอซี TTL สภาพดี 95 ตัว และเสีย 5 ตัวคละกันรวม 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์....53

ค.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ....69

ค.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านการใช้งาน ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ....70

จ.1 การประเมินหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการเป็นไอซี TTL สภาพดี 95 ตัว และเสีย 5 ตัวคละกันรวม 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวถังผลิตภัณฑ์ของไอซี TTL (ก) ตัวถังแบบ DIP (ข) ตัวถังแบบ SOIC และตัวถังแบบ PLCC....5

2.2 ลักษณะของไอซี....8

2.3 โครงสร้างภายใน ดิจิตอล IC เบอร์ 74LS02 Quad 2-Input NOR Gates....9

2.4 แผนผังแสดงการแบ่งไอซีตามโครงสร้างของส่วนประกอบภายใน....12

2.5 คุณสมบัติทางด้านแรงดันไฟฟ้า....14

2.6 โครงสร้างภายในของ Standard TTL....15

2.7 โครงสร้าง ของ TTL Gate ประเภท Low Power (L) และ High – Speed (H) 17

2.8 โครงสร้าง TTL Gate ประเภท Schottky และLow Power Schottky....18

2.9 โครงสร้างของไอซี TTL ประเภท ALS และ AS....20

2.10 โพรบลอจิก....21

2.11 เครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL....22

2.12 ตัวอย่างไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Totem pole....23

2.13 ตัวอย่างไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Open collector....23

2.14 ตัวอย่างไอซีฟลิบฟลอบที่ต้องการสัญญาณนาฬิกา....24

2.15 ตัวอย่างไอซีแบบ Retriggerable Constable Multivibrator....24

2.16 ตัวอย่างไอซีแบบ Tri-states....24

2.17 ตัวอย่างไอซีแบบ Schmitt Trigger NAND....25

2.18 ตัวอย่างไอซีแบบ BCD to Seven-Segment DECODER....25

2.19 ตัวอย่าง ENCODER....25

2.20 ตัวอย่าง DECODER (Demultiplexer) 26

2.21 ตัวอย่าง SHIFT register....26

2.22 ตัวอย่าง Binary Counter....26

2.23 วินโดวส์หลักการของวิชวลเบสิก....27

2.24 ฟอร์มเริ่มต้นที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรม....28

2.25 วินโดวส์ทูลบอกซ์ที่แสดงออปเจ็คแบบต่างๆ....28

2.26 วินโดวส์คุณสมบัติแสดงคุณสมบัติของออปเจ็ค....29

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.27 วินโดวส์ดีบักสำหรับตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม....29
2.28 วินโดวส์การแก้ไขใช้ป้อนโปรแกรม....30
2.29 เลือกออปเจ็คจากวินโดวส์ทูลบอกซ์....32
2.30 เลื่อนไปยังตำแหน่งของออปเจ็คและเปลี่ยนขนาด....32
2.31 กำหนดคุณสมบัติผ่านวินโดวส์คุณสมบัติ....33
2.32 เริ่มต้นของวินโดวส์การแก้ไขก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรม....33
2.33 วินโดวส์ของเมนูอีดิตเตอร์....34
2.34 วินโดวส์สำหรับการสั่งคอมไพล์โปรเจ็ค....35
3.1 แผนผังขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....42
3.2 ผังการทำงานของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....43
3.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....44
ง.1 ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ (ด้านบน) 73
ง.2 ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ (ด้านข้าง) 73
ฉ.1ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....81
ฉ.2 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....81
ช.1 ด้านข้างชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....87
ช.2 ด้านหน้าชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....87
ช.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTLสำหรับห้องปฏิบัติการ....88
ช.4 การเลือกช่องทางการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....89
ช.5 การเลือก เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ....89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน IC หรือ Integrated Circuit มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ระบบดิจิตอล และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย การตรวจสอบและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนนำไปใช้งานก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบได้ว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่นำมาใช้นั้นไม่เสียหาย เพราะการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไปประกอบวงจร ถ้าตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดการเสียหายขึ้น แน่นอนการตรวจสอบกับอุปกรณ์ ที่ประกอบไปแล้วนั้นต้องยุ่งยากกว่าตอนที่ยังไม่ได้ประกอบ เพราะต้องถอดอุปกรณ์แต่ละตัวมาตรวจสอบ (ปัจจุบันจึงมีการใช้งานไอซีที่เป็นไอซีดิจิตอลจำพวกไอซี ตระกูล TTL เป็นจำนวนมาก) ดังเช่นในห้องปฏิบัติการก็ยังมีการใช้ ไอซี TTL ในห้องปฏิบัติการในรายวิชา ดิจิตอลเทคนิค รหัส 3105-1008 มีคำอธิบายรายวิชาดังนี้ “ศึกษา การวิเคราะห์ และออกแบบวงจรคอมบิเนชั่น การลดรูปสมการ วงจรลอจิก วงจรมัลติเพล็กซ์ ดีมัลติเพล็กซ์ ดีโค้ดเดอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ คอมพาราเตอร์ วงจรโมโนสเตเบิล และ สัญญาณนาฬิกา ฟลิบ-ฟลอบ วงจรนับ รีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์ วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์ โครงสร้างและการใช้งานหน่วยความจำแบบต่าง ๆ วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลกับแอนะลอก การปฏิบัติ การทดสอบวงจรดิจิตอลคอมบิเนชั่น และซีเควนเชียล การประยุกต์ใช้วงจรดิจิตอลในงานวิชาชีพ” จะเห็นได้ว่าจากคำอธิบายรายวิชาที่มีการใช้งาน ไอซี ตระกูล TTL ที่เป็นเกตชนิดต่างๆ ฟลิบ-ฟลอบ เบอร์ ไอซีที่เกี่ยวข้องกับคำอธิบายรายวิชาผู้วิจัยจึงนำมาอ้างอิงเพื่อใช้ในการวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในห้องปฏิบัติการดังกล่าว ความเร็วในการทดลองก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยให้การทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้นซึ่งอาการเสียของไอซี TTL บางเบอร์นั้น อาจจะไม่เสียทั้งหมดอาจมีวงจรภายในบางส่วนที่ยังไม่เสียหายและสามารถนำมาใช้งานได้ การดู Data Sheet ของเบอร์ ไอซีทำให้เสียเวลานานในการค้นหาตรวจสอบ ไอซีแต่ละเบอร์ ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการขึ้นโดยจะนำคุณสมบัติของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกับ ไอซี TTLได้ครบถ้วนและรวดเร็วขึ้น และยังอาจส่งผลให้นักศึกษาหรือผู้ที่ปฏิบัติการในห้องทดลองสามารถเกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้นอีกด้วย ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าเครื่องตรวจสอบ ไอซี ตระกูล TTL ซึ่งทุกวิทยาลัยล้วนแต่ มีคอมพิวเตอร์ และชุดตรวจสอบ ไอซี ตระกูล TTL นี้ สามารถที่จะนำมาใช้ในห้องทดลองได้โดยจะช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โปรแกรมสืบค้น ไอซี TTL (Program Search IC TTL) เป็นโปรแกรมสำหรับค้นหา ไอซี TTL เบอร์ที่ขึ้นต้นด้วย 74 เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้ในการทำการค้นหาแทนการค้นหาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือ คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL ซึ่งจะใช้เวลาค้นหานานหรือต้องใช้ความชำนาญในการค้นหาเป็นพิเศษ เพื่อให้ความสะดวกและรวดเร็วสำหรับผู้ต้องการทราบ ข้อมูล ไอซี TTL โดยโปรแกรมสืบค้น ไอซี TTL นี้ได้จัดเก็บข้อมูลของ ไอซี TTL ได้แก่ Data sheet ซึ่งภายใน จะมีข้อมูลเกี่ยวกับไอซีเบอร์นั้นๆ การค้นหาข้อมูล ไอซี TTL ทำได้โดย ใส่เบอร์ ไอซี TTL ที่ต้องการเนื่องจากผู้ใช้อาจรู้เบอร์ของ ไอซีอยู่แล้วแต่อยากรู้ Data Sheet ก็สามารถค้นหาได้ การทำการรวบรวมข้อมูล ไอซี TTL ในรูปแบบ *.pdf file และพัฒนาโปรแกรมให้สามารถสืบค้น ไอซี TTL ได้ง่ายสะดวกและรวดเร็ว ง่ายต่อการใช้งานสำหรับผู้ใช้ และยังเป็น แนวทางในการสร้างฐานข้อมูล การออกแบบโปรแกรม ในงานอื่น ๆ ได้อีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวนั้น ในการทดลองวงจรในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบอุปกรณ์จำพวก ไอซี TTL ตระกูล 74 ดังนั้น การตรวจสอบที่รวดเร็วและทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ไอซี ตระกูล TTL ตัวนั้นๆ ดีหรือเสีย และเจาะจงลงไปอีกว่าขาไหนดีหรือเสียรวมไปถึงไม่ต้องมาเปิดคู่มือ ไอซี TTL เพื่อให้รู้ Data sheet ของ ไอซี TTL เบอร์นั้นๆ และยังให้เกิดองค์ความรู้ที่ตามมาอีกด้วย เพราะการดู Data sheet สามารถค้นหาได้ง่าย ดังนั้นการใช้เวลาในการตรวจสอบไอซีแต่ละครั้งนั้นค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน จึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างชุดตรวจสอบ ไอซี ตระกูล TTL ด้วยคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อ พัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อหาคุณภาพชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ทั้งด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน
3. เพื่อหาประสิทธิภาพชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1. คุณภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ที่วัดได้จากแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจัดอยู่ในระดับดี (≥ 3.50) ขึ้นไป
2. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจะมีประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานตรวจสอบกลุ่มตัวอย่าง ไอซีได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดที่ดัดแปลงมาจากขั้นตอนการวิจัยของ วริทธ์ อึ่งภรณ์ และชาญ ณัดงาน (2546 : 14-17) ดังนี้

1. กำหนดผลิตภัณฑ์ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่ทำการสร้างและพัฒนา
2. รวบรวมเอกสารข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษารายละเอียดและสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ
4. สร้างและปรับปรุงแก้ไขผลิตภัณฑ์
5. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์
6. ทดสอบหาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ที่ปฏิบัติการสอนทางด้านวิชาดิจิตอล หรือทางด้านไมโครคอนโทลเลอร์จำนวน 15 ท่านโดยใช้ วิธีแบบเจาะจง

ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

1. ชุดตรวจสอบ ไอซี ตระกูล TTL
2. การสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ทาง พอร์ต USB
3. โปรแกรมแสดงผลข้อมูล Data sheet ของ ไอซี ตัวที่นำมาตรวจสอบสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP ทุกเวอร์ชั่น
4. คู่มือการใช้งานแสดงวิธีการใช้งานในการตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ในแต่ละฟังก์ชั่นการใช้งาน

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีตัวแปรที่ศึกษา คือ

1. คุณภาพ ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่วัดได้จากแบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งานโดยกลุ่มตัวอย่าง
2. ประสิทธิภาพ ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจะมีประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจะใช้ ไอซีตระกูล ไมโครคอนโทรเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F777 ตัวถังแบบ PDIP 40 ขา เป็นตัวควบคุมหลัก

2. การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง USB พอร์ต

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้คือ

1. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ หมายถึง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL จำนวน 60 เบอร์ที่นำหน้าด้วย 74 ได้ และสามารถแสดงผลออกมาทางคอมพิวเตอร์ โดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทาง USB พอร์ต

2. แบบประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย 2 ด้านคือคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์และคุณภาพด้านการใช้งาน โดยผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นรูปแบบการให้คะแนนในด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน มีค่าคุณภาพตั้งแต่ 1 ถึง 5 สามารถบันทึก และแสดงข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

3. คุณภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และคุณภาพด้านการใช้งาน

4. วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง คุณภาพด้านการออกแบบ รูปทรง ขนาดของตัวเครื่อง ความคงทน และความสวยงาม

5. คุณภาพด้านการใช้งาน หมายถึง ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเห็นด้วยว่าใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก สะดวกและรวดเร็ว

6. ประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ หมายถึง ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ จะมีประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานตรวจสอบ กลุ่มตัวอย่าง ไอซีจำนวน 100 ตัว สามารถตรวจสอบได้ ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

7. แบบประเมินประสิทธิภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ หมายถึง แบบประเมินความถูกต้องของการใช้งานในการตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 หลักการของไอซี TTL

2.2 การตรวจสอบไอซี TTL

2.3 การออกแบบและการพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

2.4 การหาคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน

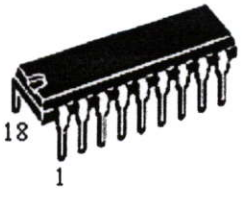
2.5 การหาประสิทธิภาพด้าน วิศวกรรมศาสตร์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

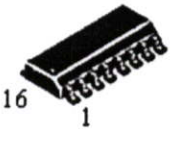
2.1 หลักการของไอซี TTL

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไอซี TTL

ไอซีดิจิตอล เป็นไอซีที่ทำงานได้กับสัญญาณดิจิตอลโดยภายในตัวไอซีดิจิตอลจะประกอบด้วยเกตพื้นฐานหลายตัว โดยตัวของไอซีประเภทนี้จะเป็นไอซีแบบตีนตะขาบหรือตัวถังแบบดิฟ (DIP) หรือมีตัวถังแบบอื่นด้วย เช่น แบบ SOIC , PLCC เป็นต้น สำหรับ ตัวถังแบบตีนตะขาบเป็นตัวถังที่เรานิยมนำมาใช้งาน ใช้ทดลองเรียนรู้ ตัวถังดังกล่าวจะมีตำแหน่งขาเรียงลำดับ จากตำแหน่งขาที่ 1 ไปจนถึงลำดับขาสุดท้าย (ดูจากภาพประกอบ (ก) ตัวถังแบบ DIP) โดยทั่วไปแล้ว ตัวถังดังกล่าวจะมีรอยบากตรงส่วนหัวเพื่อแสดงตำแหน่งอยู่แล้ว และขาที่อยู่ทางด้าน ซ้ายมือ จะเป็นตำแหน่งขาที่ 1 และจะไล่เรียงลำดับไปเรื่อยๆจนถึงตำแหน่งขาสุดท้ายซึ่งจะอยู่ด้านขวามือของรอยบาก ไอซีดิติตอลจะมีจำนวนขาไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับเบอร์นั้นๆ โดยทั่วไปจะมีตั้งแต่ 14 , 16 , 18 , 20 และ 24 ขา เป็นต้น



(ก) ตัวถังแบบ DIP



(ข) ตัวถังแบบ SOIC

(ค) ตัวถังแบบ PLCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 ตัวถังผลิตภัณฑ์ของไอซี TTL (ก) ตัวถังแบบ DIP (ข) ตัวถังแบบ SOIC และตัวถังแบบ PLCC

TTL มาจาก Transistor Transistor Login เป็นไอซีที่ โครงสร้างภายในจะเป็นวงจรรวมที่ผลิตมาจากทรานซิสเตอร์ ผลิตออกมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 โดยบริษัท Texas Insnstrument และต่อมาได้มีบริษัทอื่นๆผลิตขึ้นตาม จึงมีความจำเป็นต้องมีมาตราฐานแบบเดียวกัน คือ สามารถใช้ทดแทนกันได้ ไอซี TTL จะมี code โดยใช้ตัวเลข 4-5 หลัก แต่ 2 หลักแรกจะนำด้วย 74 และ 2 หลักต่อไปจะบอกถึงฟังก์ชันการทำงาน ในปัจจุบัน ไอซี TTL ยังแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็นหลายชนิด ไอซี TTL จะใช้ไฟเลี้ยงวงจรที่ระดับแรงดัน +5V และระดับสัญญาณ ขาเข้า และ ขาออก คือ 0V และ 5V ด้วยเช่นเดียวกัน

ไอซี ย่อมาจาก Integrated Circuit หมายถึง วงจรรวม โดยการนำเอาไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางทีอาจเรียก ชิฟ (Chip) และสร้างองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ ฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียด ผสมกับขบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดมากๆ สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมาก ความหนาแน่นขององค์ประกอบวงจรที่บรรจุลงใน IC นี้ มีตั้งแต่หลายสิบตัวซึ่งเรียกว่า SSI (Small Scale Integrated) จนกระทั่งถึงหลายสิบล้านตัว ซึ่งเรียกว่า ULSI (Ultra Large Scale Integrated) ไอซีขนาดใหญ่พิเศษ

ข้อดีของ IC คือ ไอซีจะรวมวงจรที่ซับซ้อนเข้ามาเป็นวงจรเดียวกัน ทำให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งจะทำให้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กและเบาลงมาก วงจรในเครื่องจะถูกแบ่งเป็นบล็อกที่มีหน้าที่หลักเฉพาะ วงจรในแต่ละบล็อกจะถูกทำเป็น IC ทำให้การประกอบวงจรทั้งหมดทำได้ง่าย โดยเพียงต่อบล็อกหรือ IC เหล่านี้เข้าด้วยกันเท่านั้น จึงทำให้การต่อสายน้อยลง จุดบัดกรีน้อยลง และจุดเสียที่จะเกิดก็น้อยลงด้วย การผลิต IC ชนิด Monolithic ซึ่งสร้างองค์ประกอบวงจรทั้งหมดลงบนแผ่นผลึกแผ่นเดียว ก็สามารถทำได้พร้อมกันหลายร้อยหลายพันตัวบนแผ่นผลึก เวเฟอร์ (Wafer) แผ่นเดียว โดยการสร้างแบบ IC ที่เหมือน ๆ กันลงบนแผ่นเวเฟอร์เดียว แล้วจึงตัดแบ่งเป็น IC แต่ละตัวในภายหลัง ทำให้สามารถ ผลิต IC ได้เป็นจำนวนมากในเวลาเดียวกันและราคาของ IC ก็จะถูกลงมาก สำหรับ IC อาจจะยังไม่สามารถรวมเอาองค์ประกอบวงจร ทุกชนิดเข้ามารวมกันได้ทั้งหมด วงจรที่มีองค์ประกอบของวงจรขนาดใหญ่ เช่น คอยล์ หรือ ทรานซิสเตอร์ตัวใหญ่ที่ใช้ในการขับกระแสขนาดใหญ่ก็ยังต้องนำมาต่อที่ด้านนอก ของ IC อีกครั้งเพื่อให้วงจรทั้งหมดทำงานได้อย่างถูกต้อง IC แต่ละตัวจะมีพื้นที่ในการสร้างวงจรประมาณ 20-200 ตารางมิลลิเมตร บน IC นี้จะรวมเอาไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุบีบรวมกันบนพื้นที่ขนาดเล็ก ๆ นี้จำนวนองค์ประกอบของวงจรจะเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของเทคโนโลยี ถ้าจำนวนองค์ของวงจรจะเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของ เทคโนโลยี

ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างวงจรดิจิตอลเป็นวงจรตรรกะจะใช้ลอจิกเกตเป็นอุปกรณ์ในการประมวลผล ประกอบด้วย ลอจิกเกตพื้นฐานสามชนิด คือ เกตแบบ OR gate, AND gate และ NOT gate หรืออินเวอร์เตอร์ โดยลอจิกเกตพื้นฐานทั้งสามตัวนี้ สามารถนำมาสร้างเป็นเกตแบบต่างๆ ได้อีกหลายแบบ ลอจิกเกต จะสร้างมาจากทรานซิสเตอร์ ในอดีตทรานซิสเตอร์จะสร้างมาจากหลอดสูญญากาศ เมื่อนำมาสร้างเป็นระบบดิจิตอล หรือเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีขนาดใหญ่มาก ต่อมาจึงมีการสร้างทรานซิสเตอร์ จากสารกึ่งตัวนำขึ้น ซึ่งเรียกว่า ไอซี โดยภายในตัวถังจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่าชิป (Chip) อยู่ภายใน ซึ่งสารมารถแบ่งชนิดของไอซีตามขนาดความซับซ้อนภายในตัวถังได้ โดยใช้เกณฑ์การนับจากจำนวนเกตที่อยู่ภายในไอซี ได้ดังนี้

SSI (Small-Scale Integration) ถือว่าเป็นไอซีขนาดเล็ก โดยเป็นไอซีที่มีจำนวนเกตน้อยกว่า 12 เกตบนชิพเดียวกัน มีขาต่อใช้งาน 14 ถึง 16 ขา

MSI (Medium-Scale Integration) ถือว่าเป็นไอซีขนาดกลาง เนื่องจากเป็น ไอซีที่มีจำนวนเกตตั้งแต่ 12 เกต ถึง 100 เกตต่อชิพ

LSI (Large-Scale Integration) ถือว่าเป็นไอซีขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็น ไอซีที่มีจำนวนเกตมากกว่า 100 เกต ถึง 1,000 เกต ต่อชิพ

VLSI (Very Large-Scale Integration) ถือว่าเป็นไอซีขนาดใหญ่มาก เนื่องจากเป็น ไอซีที่มีจำนวนเกตมากกว่า 1,000 เกต ถึง 100,000 เกตต่อชิพ

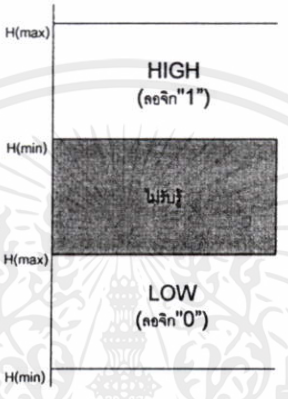
ULSI (Ultra Large-Scale Integration) ถือว่าเป็นไอซีขนาดใหญ่พิเศษ IC หน่วยความจำชนิด D-RAM ขนาด 16 M bit จะมีจำนวนองค์ประกอบ ของวงจรประมาณ 3.5 ล้านเกต และชนิด D-RAM ขนาด 64 M bit ซึ่งมีความ หนาแน่นที่สุดในปัจจุบัน จะมีจำนวนองค์ประกอบประมาณ 140 ล้านเกต

เกต เป็นวงจรที่เล็กที่สุด จะมีอินพุทหลายขั้ว (บางเกตมีเพียงขั้วเดียว) และมีเอาท์พุทหนึ่งขั้ว เมื่อป้อนสัญญาณ “1”และ “0” เข้าที่ขั้วอินพุทในแบบต่างๆ จะได้ผลลัพธ์เป็น “1” และ “0” ที่เอาท์พุทตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ตามคุณสมบัติของเกตนั้น เกตจึงทำหน้าที่เหมือนกับตัวตัดสินลอจิก

ดิจิตอล ไอซี (Digital Integrated Circuit) ใช้กับเครื่องคิดเลข คอมพิวเตอร์และนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ ดิจิตอล ไอซี (Digital Integrated Circuit) โลกแห่งดิจิตอลมีตัวเลข 1 และ 0 เป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ระดับสัญญาณของไฟฟ้า คือ ระดับแรงดันต่ำ 0-0.8 โวลท์ เป็นลอจิก 0 (Logic Low) และระดับสัญญาณสูง 2-5 โวลท์ เป็นลอจิก 1 (Logic High) เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามคำสั่ง โดยจากขั้นตอนการทำงานหรือโปรแกรม

สัญญาณดิจิตอล ระบบดิจิตอลจะนำเลขฐานสองแต่ละบิตมาต่อเรียงกัน ถ้าบิตมีค่าเป็น “1” จะเรียกว่าลอจิกหนึ่ง หรือ HIGH ถ้าบิตมีค่าเป็น “0” จะเรียกว่าลอจิกศูนย์หรือ LOW โดยบิตของข้อมูลแต่ละค่าจะแทนด้วยแรงดันค่าหนึ่ง ค่าแรงดันที่ลอจิก “0” และลอจิก “1” เรียกว่า Logic Level โดยค่าระดับแรงดันนี้จะขึ้นกับประเภทของอุปกรณ์ดิจิตอลที่นำมาใช้งาน อุปกรณ์บางชนิด

จะแทนลอจิก “1” ด้วยแรงดันไฟฟ้า 12 V และแทนลอจิก “0” ด้วยแรงดันไฟฟ้า 0 V แต่อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่เราพบในระบบดิจิตอลจะแทนลอจิก “1” ด้วยแรงดัน 5V และลอจิก “0” ด้วยแรงดัน 0V แต่ค่าแรงดันนี้อาจไม่จำเป็นต้องตรงกับค่าที่กำหนดพอดี ถ้าหากเราทดลองปรับค่าแรงดันตั้งแต่ 0V ไปจนถึงแรงดัน 5V จะพบว่า แรงดันต่ำสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “0” เรียกว่า VL(max) และถ้าเพิ่มแรงดันไปเรื่อยๆค่าแรงดันสูงสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “1” เรียกว่า VH(min) ถ้าเพิ่มแรงดันไปอีก ค่าแรงดันสูงสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “1” เรียกว่า VH(max) ส่วนค่าแรงดันระหว่าง VL(max) ถึง VH(min) ระบบจะไม่รับรู้ (ธีรวัฒน์ ประกอบผล.2545 : 11)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของไอซี (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2545 : 15)

หลักการของวงจร Logic

วงจร Logic นั้นจะใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าแทนสภาวะ 2 สภาวะ ซึ่งอาจแทนความหมายต่าง ๆ ได้ เช่น ใช่-ไม่ใช่ ถูก-ผิด เปิด-ปิด ทำงาน-ไม่ทำงาน มี-ไม่มี 1-0 เป็นต้น แต่ทั่วไปแล้วในทางดิจิตอลจะใช้แทนด้วย 0 กับ 1 ตามการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ชิ่ง ซึ่งเราเรียกว่า Logic โดยปกติการแทน Logic นั้นจะมีการแบ่งระบบสัญญาณ Logic อยู่ 2 แบบ คือ

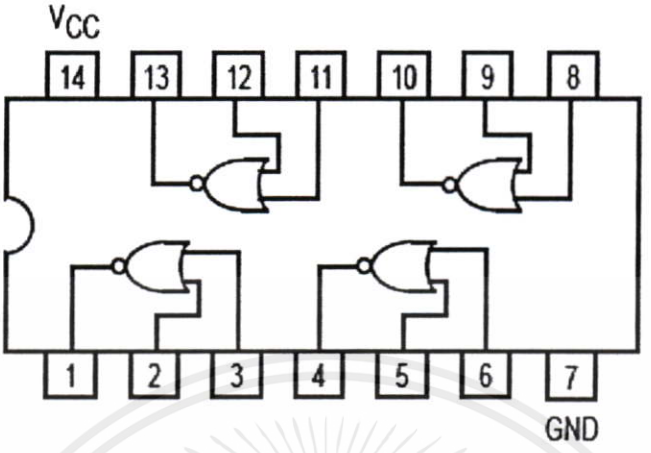
Positive Logic เป็นระบบ Logic ที่มีสัญญาณลอจิก “1” หรือ “สูง” หรือ “High” (H) ต้องมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่เป็นบวกมากกว่าสัญญาณลอจิก “0” หรือ “ต่ำ” หรือ “Low” (L)

Negative Logic เป็นระบบ Logic ที่มีสัญญาณลอจิก “1” หรือ “สูง” หรือ “High” (H) ต้องมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่เป็นลบมากกว่าสัญญาณลอจิก “0” หรือ “ต่ำ” หรือ “Low” (L)

เกตต่าง ๆ ที่ใช้ในดิจิตอลคอมพิวเตอร์นั้นจะผลิตออกมาในรูปของอุปกรณ์แบบวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) ซึ่งเราเรียกสั้น ๆ ว่าไอซี ภายในตัวไอซีนั้น จะประกอบด้วย อุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ทรานซิสเตอร์ (Transistor) ไดโอด (Diode) ตัวความต้านทาน (Resistor) อุปกรณ์โซลิดสเตท (Solid-State Component) และ อุปกรณ์อื่น ๆ เกตพื้นฐานนั้นจะประกอบไปด้วยชนิดของเกต 3 ชนิด คือ แอนด์เกต (AND gate) ออร์เกต (OR gate) และ นอทเกต (NOT gate) ซึ่งต่อมาได้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเพิ่มเป็นเกตพิเศษเพิ่มเติมมาเช่น แนนด์เกต (NAND gate) นอร์เกต (NOR gate) เอกซ์คลูซีฟออร์เกต (EX-OR gate) เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายใน ดิจิตอล IC เบอร์ 74LS02 Quad 2-Input NOR Gates

เกต เป็นวงจรดิจิตอลที่เล็กที่สุด จะมีอินพุทหลายขั้ว (บางเกตมีเพียงขั้วเดียว) และมีเอาท์พุทหนึ่งขั้ว เมื่อป้อนสัญญาณ "1" และ "0" เข้าที่ขั้วอินพุทในแบบต่างๆจะได้ผลลัพธ์เป็น "1" หรือ "0" ที่เอาท์พุทตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ตามคุณสมบัติของเกตนั้น เกตจึงทำหน้าที่เหมือนเครื่องมือตัดสินลอจิก ในวงจรเกต แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามเงื่อนไขการตัดสินลอจิก ดังนี้

1.1 แอนด์เกต (AND gate) เป็นการกระทำ การ AND ระหว่างอินพุทตั้งแต่ 2 อินพุทขึ้นไป โดยมีลักษณะของเอาท์พุท คือ เอาท์พุทจะเป็น "1" เพียงกรณีเดียวเท่านั้นเมื่ออินพุททุกตัวเป็น "1"

จากการทำงานของ AND gate เราสามารถเขียน Function Output ของ AND gate ได้คือ

$Y = A \cdot B$

ในทางปฏิบัติจริงอาจจะมีการใช้แอนด์เกตที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทก็ได้ โดยจะมีจำนวนอินพุทถึง n อินพุท ซึ่งจะได้ Function Output ของ AND gate ที่มีจำนวนอินพุท n อินพุท คือ $Y = A \cdot B \cdot \ldots \cdot n$

1.2 ออร์เกต (OR gate) เป็นการกระทำการ OR ระหว่างอินพุทตั้งแต่ 2 อินพุทขึ้นไป โดยมีลักษณะของเอาท์พุท คือ เอาท์พุทจะเป็น "1" ก็ต่อเมื่อมีอินพุทใดอินพุทหนึ่งหรืออินพุททุกตัวเป็น "1"

จากการทำงานของ OR gate เราสามารถเขียน Function Output ของ OR gate ได้คือ $Y = A + B$ ในทางปฏิบัติจริงอาจจะมีการใช้ออร์เกตที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทก็ได้ โดยจะมีจำนวนอินพุทถึง n อินพุท ซึ่งจะได้ Function Output ของ OR gate ที่มีจำนวนอินพุท n อินพุท คือ

$Y = A + B + \ldots + n$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นอทเกต (NOT gate) หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นเกตที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุทจาก "0" เป็น "1" หรือ จาก "1" เป็น "0" ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการคอมพลีเม้นต์ก็ได้ เช่นกัน NOT gate นั้นจะมีเพียงอินพุทเดียวเท่านั้น

จากการทำงานของ NOT gate เราสามารถเขียน Function Output ของ NOT gate ได้คือ

$F = \overline{A}$

1.4 แนนด์เกต (NAND gate) เป็นการนำเอาการกระทำ การ AND ระหว่างอินพุทตั้งแต่ 2 อินพุทขึ้นไป แล้วนำเอาท์พุทที่ได้ไปผ่าน NOT gate (AND + INVERTER = NAND) โดยมีลักษณะของเอาท์พุทที่ตรงกันข้ามกับ AND gate คือ เอาท์พุทจะเป็น "0" เพียงกรณีเดียวเท่านั้นเมื่ออินพุททุกตัวเป็น "1" ซึ่ง NAND gate

จากการทำงานของ NAND gate เราสามารถเขียน Function Output ของ NAND gate ได้คือ $F = A \cdot B$ ในทางปฏิบัติจริงอาจจะมีการใช้แอนด์เกตที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทก็ได้ โดยจะมีจำนวนอินพุทถึง n อินพุท ซึ่งจะได้ Function Output ของ NAND gate ที่มีจำนวนอินพุท n อินพุท คือ $F = \overline{A \cdot B \cdot \ldots \cdot n}$

1.5 นอร์เกต (NOR gate) เป็นการนำเอาการกระทำ การ OR ระหว่างอินพุทตั้งแต่ 2 อินพุทขึ้นไป แล้วนำเอาท์พุทที่ได้ไปผ่าน NOT gate โดยมีลักษณะของเอาท์พุทตรงกันข้ามกับ OR gate คือ เอาท์พุทจะเป็น "0" ก็ต่อเมื่อมีอินพุทหนึ่งอินพุทใดหรืออินพุททุกตัวเป็น "1" ซึ่ง NOR gate มีสัญลักษณ์ จากการทำงานของ NOR gate เราสามารถเขียน Function Output ของ NOR gate ได้คือ

$Y = \overline{A + B}$

ในทางปฏิบัติจริงอาจจะมีการใช้นอร์เกตที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทก็ได้ โดยจะมีจำนวนอินพุทถึง n อินพุท ซึ่งจะได้ Function Output ของ NOR gate ที่มีจำนวนอินพุท n อินพุท คือ $Y = \overline{A + B + \ldots + n}$

1.6 เอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต (EXCLUSIVE-OR gate) เป็นเกตพิเศษชนิดหนึ่งซึ่งเป็นการนำเอา NOT gate, AND gate, และ OR gate มาทำการต่อร่วมกัน ประกอบด้วย อินพุท 2 อินพุท ซึ่งจะมีลักษณะของเอาท์พุทจะเป็น "0" ก็ต่อเมื่อมีอินพุททั้งสองอินพุทมี Logical เหมือนกัน เช่น เป็น "0" หรือเป็น "1" ทั้งสองอินพุทและเอาท์พุทจะเป็น "1" ก็ต่อเมื่อมีอินพุททั้งสองอินพุทมี Logical ต่างกัน จากการทำงานของ EXCLUSIVE-OR gate เราสามารถเขียน Function Output ของ EXCLUSIVE-OR gate ได้คือ

$$Y = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B} \qquad \text{หรือ}$$
$$= (\overline{A} + \overline{B}) \cdot (A + B) \quad \text{หรือ}$$
$$= A \oplus B$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติจริงเราอาจเห็น EXCLUSIVE-OR gate ที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทได้เช่นกัน แต่ไม่มากนัก

1.7 เอ็กซ์คลูซีฟ-นอร์เกต (EXCLUSIVE-NOR gate) หรือ Comparators เป็นเกตพิเศษอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นการนำเอา NOT gate AND gate และ OR gate มาทำการต่อร่วมกันเช่นเดียวกับ EXCLUSIVE-OR gate ประกอบด้วย อินพุท 2 อินพุท ซึ่งมีลักษณะของเอาท์พุทตรงกันข้ามกับเอาท์พุทของ EXCLUSIVE-OR gate คือ เอาท์พุทจะ เป็น "0" ก็ต่อเมื่อมีอินพุททั้งสองอินพุทมี Logical ต่างกัน และเอาท์พุทจะเป็น "1" ก็ต่อเมื่อมีอินพุททั้งสองอินพุทมี Logical เหมือนกัน เช่น เป็น "0" หรือเป็น "1" ทั้งสองอินพุท

จากการทำงานของ EXCLUSIVE-NOR gate เราสามารถเขียน Function Output ของ EXCLUSIVE-NOR gate ได้คือ

$$Y = \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot B \quad \text{หรือ}$$
$$= \overline{(\overline{A} + B) \cdot (A + \overline{B})} \quad \text{หรือ}$$
$$= A \Theta B$$

ในทางปฏิบัติจริงเราอาจเห็น EXCLUSIVE-NOR gate ที่มีอินพุทมากกว่าสองอินพุทได้เช่นกัน แต่ไม่มากนัก

1.8 Inhibit gate เป็นเกตพิเศษอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นการนำเอา NOT gate และ AND gate มาทำการต่อร่วมกัน โดยจะนำ NOT gate มาต่อไว้ที่อินพุทของ AND gate เพียงอินพุทหนึ่ง ๆ

จากการทำงานของ Inhibit gate เราสามารถเขียน Function Output ของ Inhibit gate นี้ได้คือ $Y = A \cdot B \cdot \overline{C}$

1.9 บัปเฟอร์ (Buffer)

บัปเฟอร์ (Buffer) เป็นเกตที่ไม่กลับทาง (No inverting Gate) ให้ค่าระดับสัญญาณทางด้านเอาต์พุทเหมือนกับค่าระดับสัญญาณทางด้านอินพุท ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อต่อระหว่างลอจิกเกต 2 วงจร หรือ เมื่อต้องการต่อเอาต์พุทของวงจรลอจิกเข้ากับวงจรอื่นๆ วงจรบัปเฟอร์ (Buffer) จะทำหน้าที่ขยายกระแสเอาต์พุทของวงจรลอจิกโดยไม่กลับสัญญาณลอจิก สามารถนำไปเป็นตัวขับสัญญาณให้มีความแรงยิ่งขึ้น สามารถช่วยแก้ปัญหาการหน่วงสัญญาณ (Propagation Delay Time)

จากการทำงานของ บัปเฟอร์ (Buffer) เราสามารถเขียน Function Output บัปเฟอร์ (Buffer) ได้คือ $Y = A$

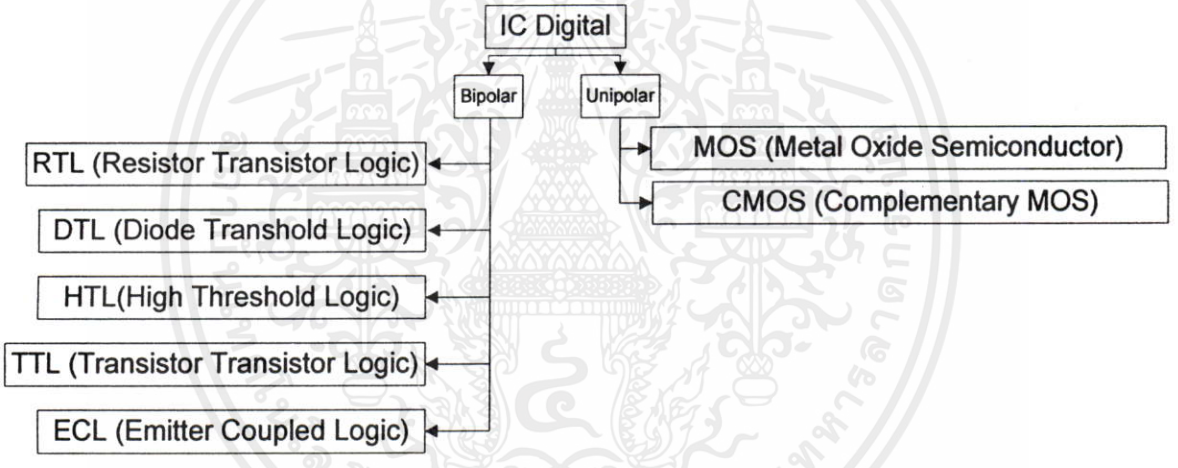
เมื่อวิวัฒนาการด้านการสร้างวงจรรวมเกี่ยวกับวงจรสวิตช์ชิ่งมีการพัฒนามากขึ้น จึงมีการสร้างวงจรสวิตช์ชิ่ง ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกระทำ แอนด์ ออร์ และ นอต บรรจุอยู่ในตัวถังของวงจรรวมแบบตัวถังพลาสติกทั้งชนิด ทีทีแอล และซีมอส โดยให้ชื่อวงจรที่ทำหน้าที่ เป็นตัวกระทำดังกล่าว ว่าแอนด์เกต ออร์เกต และนอตเกต ในวงจรสวิตช์ชิ่งนั้น การทำงานของทรานซิสเตอร์ภายในวงจรก็เป็นการทำงานในสภาวะอิ่มตัว (Saturation) และคัตออฟ (Cutoff) เท่านั้น มีความ

สัมพันธ์เหมือนกับวงจรรีเลย์ที่มีการเปิดปิด ของหน้าสัมผัสที่มีความสัมพันธ์กับพีชคณิตบูลีน (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 40)

ชนิดของไอซีสามารถแบ่งออกตามขบวนการผลิตได้ดังนี้

1. ไบโพลาร์ (Bipolar) เป็นประเภทที่ใช้อุปกรณ์ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทรานซิสเตอร์ และไดโอดอีกทั้งเป็นโครงสร้างของวงจรซึ่งเป็นยุคแรกในการผลิต IC และมีการพัฒนาจนถึงยุคปัจจุบัน

2. ชนิดยูนิโพล่า (Unipolar) เป็นประเภทที่ ประกอบด้วย อุปกรณ์พวกเฟท (FET) อย่างเดียวปกติจะใช้ MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด P-MOS และ N-MOS แต่ก่อนเมื่อผลิตเป็น IC แล้วจะเรียกชื่อตามชนิด คือ IC แบบ P-MOS และ N-MOS ในปัจจุบันได้พัฒนามารวมกันเพื่อให้มีคุณภาพและประหยัดพลังงาน เรียกว่า CMOS (Complementary MOS)



ภาพที่ 2.4 แผนผังการแบ่งไอซีตามโครงสร้างของส่วนประกอบภายใน

ความแตกต่างระหว่าง ไอซี TTL กับ CMOS ที่เป็นลักษณะเฉพาะใหญ่ๆ คือไอซีแบบ TTL จะใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ ผิดพลาดได้ไม่เกิน 5% และไอซี TTL จะกินกระแสไฟมากกว่า CMOS หากใช้ไอซี TTL ต่อกันเป็นวงจรใหญ่ๆ จะทำให้เกิดความร้อนมากกว่า CMOS แต่ในปัจจุบันมีการผลิตไอซี TTLที่ช่วยลดการกินกระแสไฟน้อยลง ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของ TTL คือ ทำงานได้เร็วสามารถใช้กับสัญญาณพัลส์ ที่มีความถี่สูงๆ ถึงประมาณ 30 MHz แต่คุณสมบัติของ CMOS แตกต่างกันไป คือ ใช้กับแหล่งจ่ายไฟได้ ในย่านกว้าง คือ แรงดันประมาณ 3-16 โวลท์ จึงใช้งานได้สะดวก นอกจากนี้ยังกินไฟน้อยมากเมื่อเทียบกับ ไอซี TTL การนำมารวมกันเข้าเป็นไอซีขนาดใหญ่ เช่น ไอซี LSI (Large Scale IC) ที่สลับซับซ้อนทำได้ง่ายกว่า TTL เพราะไม่ติดปัญหา เรื่อง การระบายความร้อน ข้อเสีย คือ ทำงานได้ช้ากว่า TTL ซึ่งทำงานกับพัลส์สูงสุดได้ไม่เกิน 5 MHz เท่านั้นและยังไวต่อไฟฟ้าสถิต จึงบอบบางกว่า TTL วงจรรวมนี้อาจมีขา ตั้งแต่ 14, 16, 20 หรือ 24 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในไอซีดิจิตอลตัวหนึ่งก็บรรจุไว้ด้วยทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ ที่นำมาประกอบกันเป็นวงจรขึ้นมา อุปกรณ์แต่ละตัวมีขนาดเล็กมากๆ จนกระทั่งตา มนุษย์ไม่สามารถแยกแยะออกว่าตัวไหนเป็นอะไร จะต้องใช้กล้องที่มีเลนส์ขยายกำลังสูงจึงจะมองเห็นอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ต่อกันเป็นวงจรอยู่ภายในได้ ไอซีมีคุณสมบัติเด่นที่ว่ามีขนาดเล็กกินไฟน้อย การนำมาใช้งานทำได้สะดวกประหยัดเนื้อที่แทนการต่อวงจรทรานซิสเตอร์ จำนวนมากๆ ซึ่งมีข้อได้เปรียบ คือ การประกอบวงจรใช้งานทำได้ในราคาถูกกว่าวงจรธรรมดาทั่วไปเพราะไอซีบางเบอร์ได้รวมเอาคุณสมบัติของวงจรต่างๆ ไว้ภายในแล้ว เราเพียงแต่ต่อขาออกมาใช้งานได้เลย ในปัจจุบันไอซีดิจิตอลได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น ออสซิลโลสโคป ดิจิตอลมิเตอร์หรือเครื่องใช้ประเภทอื่นเช่น วิทยุโทรทัศน์ เครื่องเสียง โทรศัพท์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องเล่นเกม เครื่องคิดเลข และอื่น ๆ อีกจำนวนมาก ยิ่งเทคโนโลยีถูกพัฒนาขึ้นมากเพียงไร ไอซีดิจิตอลจะถูกพัฒนาตามไปด้วยเช่นกัน ไอซีดิจิตอลเบอร์ต่างๆ ที่มีการผลิตขายในปัจจุบัน ถ้าเราจะแบ่งตามชนิดของโครงสร้างและคุณสมบัติทางไฟฟ้าจะแบ่งได้เป็นหลายชนิดด้วยกัน แต่ชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันและสามารถหาซื้อกันได้ง่ายตามร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป คือ ชนิด TTL

ค่าของวงจรลอจิกเกตเช่น ค่าปลอดสัญญาณรบกวน (Noise immunity) คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากระดับที่ยังคงถือว่าเป็นลอจิกต่ำ หรือ สูง โดยวงจรลอจิกชนิดซีมอสจะมีค่าปลอดสัญญาณรบกวนดีกว่าแบบอื่น ๆ

ช่วงปลอดสัญญาณรบกวนระดับสูง $= V_{OH,min} - V_{IH,min}$

$= 2.4\ V - 2\ V$

$= 400\ mV$

โดย ค่า $V_{IH,min}$ คือ ค่าต่ำสุดของแรงดันที่อินพุทถือว่าเป็นระดับลอจิกสูง

ค่า $V_{OH,min}$ คือ ค่าต่ำสุดของแรงดันที่เอาท์พุทถือว่าเป็นระดับลอจิกสูง

ช่วงปลอดสัญญาณรบกวนระดับต่ำ $= V_{IL,max} - V_{OL,max}$

$= 0.8\ V - 0.4\ V$

$= 400\ mV$

โดย ค่า $V_{OL,max}$ คือ ค่าสูงสุดของแรงดันที่เอาท์พุทถือว่าเป็นระดับลอจิกต่ำ

ค่า $V_{IL,max}$ คือ ค่าสูงสุดของแรงดันที่อินพุทถือว่าเป็นระดับลอจิกต่ำ

ลอจิกเกต TTL เวลาหน่วง (โดยเฉลี่ย) 12 nS การสูญเสียกำลังต่อเกต 15 mW ค่าปลอดสัญญาณการรบกวน ดี จำนวนแฟนเอาท์10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายได้ว่า เวลาหน่วง (โดยเฉลี่ย) หมายถึง ความเร็วในการทำงาน (Speed of Operation) คือ ช่วงเวลาที่อินพุทเปลี่ยนสถานะแล้วเอาท์พุทจะเปลี่ยนสถานะตามใช้เวลามากน้อยเพียงไรหรือ

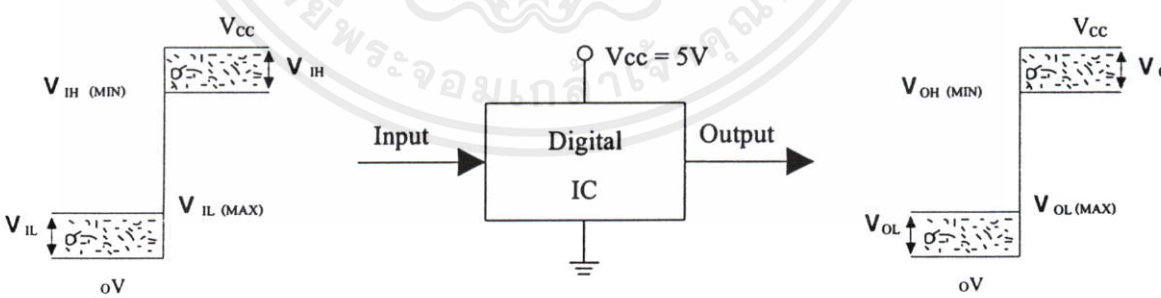
เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เวลาหน่วง (Delay Time) ปกติวงจรลอจิกชนิด CMOS จะมีเวลาในการทำงานช้าที่สุด นั่นคือ จะมีเวลาหน่วงมากประมาณ 25 nS

การสูญเสียกำลัง (Power Dissipation) คือ กำลังไฟฟ้าที่เกตต้องการเพื่อให้ทำงานได้ วงจรลอจิกซีมอสเป็นวงจรเกตที่มีการสูญเสียกำลังน้อยที่สุด ซึ่งจะวัดค่าเป็นมิลลิวัตต์ต่อไอซีหนึ่งตัวหรือต่อเกตหนึ่งเกต

ค่าปลอดสัญญาณการรบกวน หมายถึง ความสามารถในการต่อร่วมกัน ความสามารถในการต่อโหลดที่เอาท์พุทของเกตว่าต่อได้มากน้อยเพียงไร เราเรียกว่า แฟนเอาท์ (Fan-Out) และความสามารถในการรับอินพุทหรือตัวแปรที่แตกต่างกันเราเรียกว่า แฟนอิน (Fan-In)

กระแสซิงค์และกระแสซอร์ส (Current Sink and Current Source) ในขณะที่ต่อเกตร่วมกัน ถ้าเกิดกระแสไหลจากเอาท์พุทเข้าไปยังอินพุทของเกตตัวอื่นเราเรียกว่า กระแสซอร์ส ซึ่งจะเกิดกระแสลักษณะนี้เมื่อเอาท์พุทมีลอจิกเป็น “1” แต่หากเกิดการไหลของกระแสจากอินพุทไปยังเอาท์พุทของอีกเกตหนึ่ง เราเรียกว่า กระแสซิงค์ ซึ่งจะเกิดกระแสลักษณะนี้เมื่อเอาท์พุทมีลอจิกเป็น “0” ไอซีดิจิตอลสร้างมาจากทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ (Bipolar Transistor) โดยออกแบบใช้งานทรานซิสเตอร์เฉพาะช่วง “ON” และ “OFF” เท่านั้น ไฟเลี้ยงวงจร (VCC) ที่จ่ายให้กับไอซีตระกูลนี้มีค่าคงที่ +5Vdc มีคุณสมบัติทางด้านแรงดันไฟฟ้าดังนี้

อินพุท “LOW” (V_{IL}) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 0.0 - 0.8 V
อินพุท “HIGH” (V_{IH}) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 2.0 - 5.0 V
เอาต์พุท “LOW” (V_{OL}) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 0.0-0.4 V
เอาต์พุท “HIGH” (V_{OH}) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 2.4 - 5.0 V



ภาพที่ 2.5 คุณสมบัติทางด้านแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดมุ่งหมายของการผลิต IC TTL การออกแบบและการสร้างขนาดเล็กกินไฟน้อยมีความเร็วสูงและมีความน่าเชื่อถือที่ไว้ใจได้สูง ซึ่งสามารถแบ่งวงจร IC TTL ได้เป็น 4 ตระกูลคือ

-วงจรไอซี TTL ตระกูลมาตรฐาน (Standard SN 54 / 74)

-วงจรไอซี TTL ตระกูลที่กินไฟน้อย (Lower Power SN 54L / 74L)

-วงจรไอซี TTL ตระกูลที่มีความเร็วสูง (High Speed SN 54H / 74H)

-วงจรไอซี TTL ตระกูล สก็อตกี้ (Schottky Diode Clam SN 54S / 74S)

DTL (Diode-Transistor Logic) DTL เป็นไอซีที่มีโครงสร้างหลักภายในเป็นไดโอดและทรานซิสเตอร์ โดยไดโอดจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมไบอัสที่จ่ายให้แก่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์จะถูกต่อให้ทำงานในลักษณะของทรานซิสเตอร์สวิทช์ นั่นคือจะให้ผลที่เอาท์พุทในลักษณะของ ON และ OFF

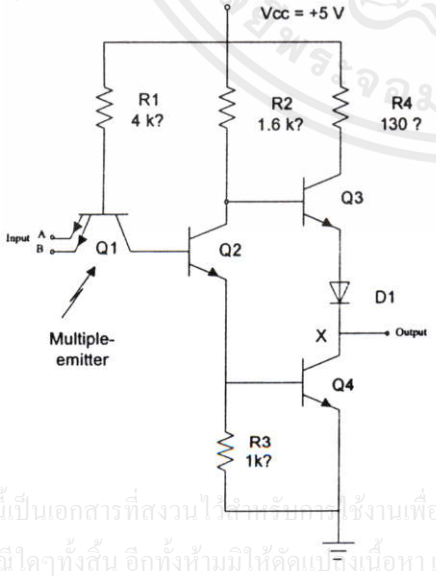
TTL (Transistor - Transistor Logic) หรือไอซี TTL เป็นตระกูลที่มีเบอร์เป็นตัวเลขที่ขึ้นต้นด้วย SN 54 / 74 ซึ่งมีหลาย ชนิดแตกต่างกันไปตาม ฟังก์ชัน ลอจิก ความเร็ว และ การกระจายกำลัง ดังนี้

Standard TTL มาตรฐานแบบตัวเลขขึ้นต้น74 ลักษณะรุ่นมาตรฐาน ราคาถูก ความถี่ที่ใช้งานถูกจำกัดที่ค่าความถี่ประมาณ 20 MHz

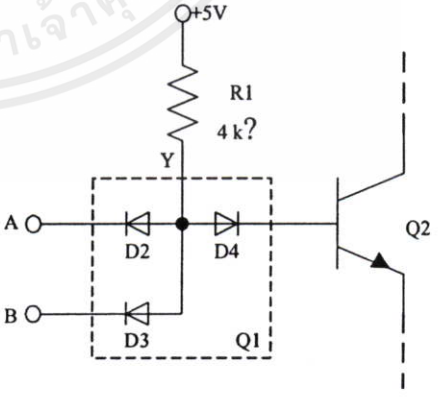
เป็นกลุ่มที่ใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงสำหรับกลุ่มอื่นๆ ใช้กำลังไฟฟ้า 10 mW/Gate ค่าเวลาประวิงของเกต 10 nS เมื่อใช้โหลด 15 pF/400 Ω ตัวอย่างโครงสร้างภายในของ Standard แสดงดังภาพประกอบ 2.6 (ก) ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานเป็น NAND gate 2 อินพุท เพื่อจะได้พิจารณาการทำงานของวงจรได้ง่ายขึ้นจึงสามารถเขียนวงจรสมมูล Q1 ได้ดัง ภาพประกอบที่ 2.6 (ข)

ภาพประกอบที่ 2.6 (ค) อินพุท A และ B ได้รับลอจิก “HIGH” ทั้ง 2 อินพุท ทำให้ได้ไดโอด D2,D3 OFF, Q2 ON ส่งผลให้ Q4 ON, Q3 OFF จะได้เอาต์พุทเป็น “LOW”

ภาพประกอบที่ 2.6 (ง) อินพุทใดอินพุทหนึ่งอย่างน้อย 1 อินพุท ได้รับลอจิก “LOW” จุด Y จะต่อกับกราวด์ Q2 OFF ส่งผลให้ Q3 ON, Q4 OFF จะได้เอาต์พุทเป็น “HIGH”



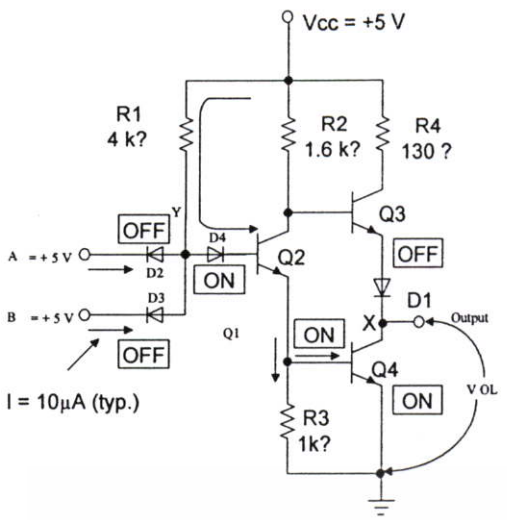
(ก) วงจร Standard TTL

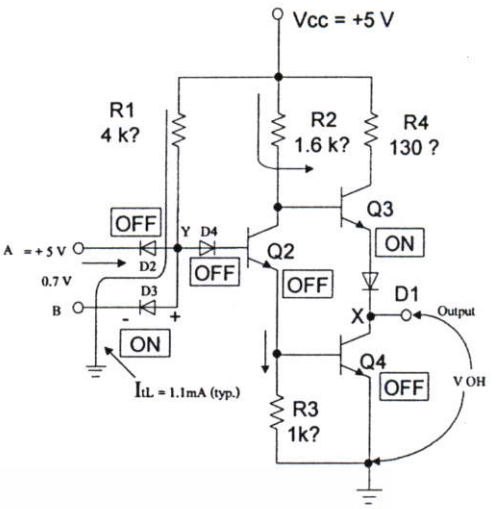


(ข) วงจรสมมูลของ Q1

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ Standard TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(ค) การทำงานทั้งสองอินพุทเป็น “HIGH” พร้อมกัน (ง) การทำงานขณะอินพุทเป็น“LOW”

ภาพที่ 2.6 (ต่อ)

2. Low-Power TTL

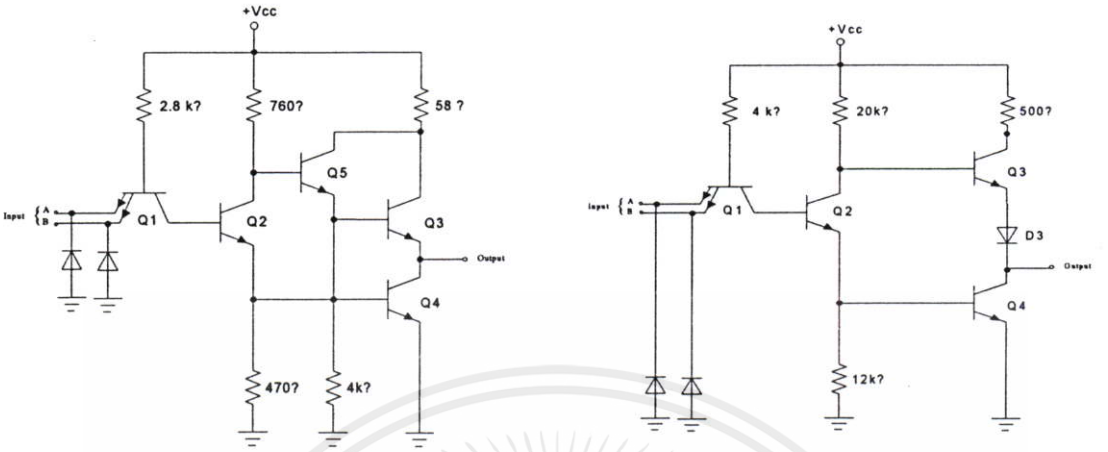
Low-Power TTL เป็นชนิดที่ลดค่าพลังงานลง 1/10 จากรุ่น Standard TTL (เพิ่มค่า Resistor ภายใน) แต่ความเร็วในการใช้งานจะต่ำกว่า TTL มาตรฐานประมาณ 3 เท่า ตัวอักษรที่ใช้คือ L เช่น 74L00

3. High – Speed TTL

High – Speed TTL พัฒนามาจาก Standard TTL เป็นการเพิ่มตัวขับทางด้านเอาท์พุท (Output – Driver) และเพิ่มความเร็ว (Double Switching Speed) ซึ่งความเร็วในการทำงานจะสูงกว่า TTL มาตรฐานประมาณ 2 เท่า แต่พลังงานก็ใช้มากขึ้นตัวอักษรที่กำหนดประเภทนี้คือ H ตัวอย่างเช่น 74H00,54H00 เป็น High – Speed Inverter (อุทัย สุขสิงห์.2543: 54) ซึ่งวัฒนา แก้วดุก (2546: 88-89) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของ TTL Gate ประเภท Low – Power (L) และ High – Speed (H) ไว้ว่า เมื่อพิจารณาภาพประกอบที่ 2.7 (ก) แสดงถึงวงจรของ NAND Gate ประเภท High – Speed ค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจร จะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานในวงจรภาพประกอบที่ 2.7 (ก) และความแตกต่างอีกจุดหนึ่งคือ TTL Gate ประเภท High – Speedจะมีปรานซิสเตอร์ Q5 เพิ่มเข้ามา ทรานซิสเตอร์ Q5 ทำหน้าที่ขับ Q3 ลักษณะการต่อระหว่างทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q5 เรียกว่าการต่อแบบ Darlington Pair จุดประสงค์เพื่อต้องการเพิ่มเกณฑ์การขยายของกระแสไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น และสามารถทำให้การเปลี่ยนจากค่าระดับสัญญาณลอจิก “0” เป็นลอจิก “1” เร็วขึ้น การต่อทรานซิสเตอร์ Q5เข้ากับทรานซิสเตอร์ Q3 ในลักษณะนี้ เป็นผลทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ขา Base ของทรานซิสเตอร์ Q5 มีค่าสูงขึ้นเป็น 1.4 ซึ่งทำให้เราไม่จำเป็นต้องต่อไดโอดเข้าทางเอาต์พุท Totem Pole ในภาพประกอบที่ 2.7 (ข) เป็น NAND Gate มาตรฐานในภาพประกอบที่

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7 (ก) ค่าความต้านทานจะมีค่าสูงกว่ามาก การประหยัดกระแสไฟฟ้าเช่นนี้ ทำให้ความเร็วในการสวิตช์ชิ่งเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานลดลง



(ก) NAND Gate 2 อินพุท เบอร์ 74H00 (ข) NAND Gate 2 อินพุท เบอร์ 74L00

ภาพที่ 2.7 โครงสร้าง ของ TTL Gate ประเภท Low Power (L) และ High – Speed (H)

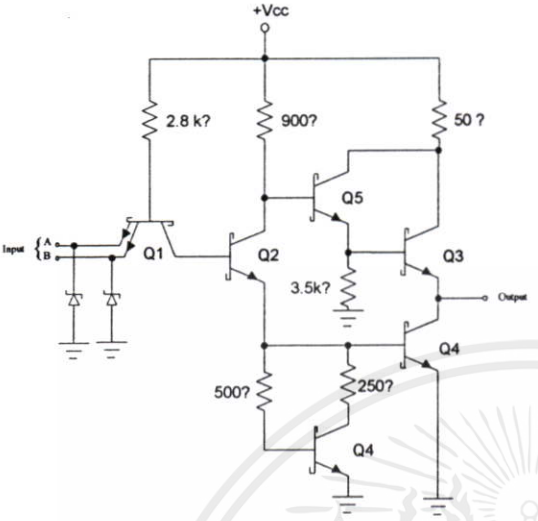
4. Schottky TTL

Schottky TTL อักษรบอกกลุ่มคือ S เช่น 74S00 หมายถึงเกต NAND แบบซอตต์กี ภายในทรานซิสเตอร์แบบซอตต์กี ทำให้ความเร็วในการทำงานสูงกว่า TTL มาตรฐานถึง 3 เท่าโดยที่กำลังใช้งานมากกว่า 2 เท่า

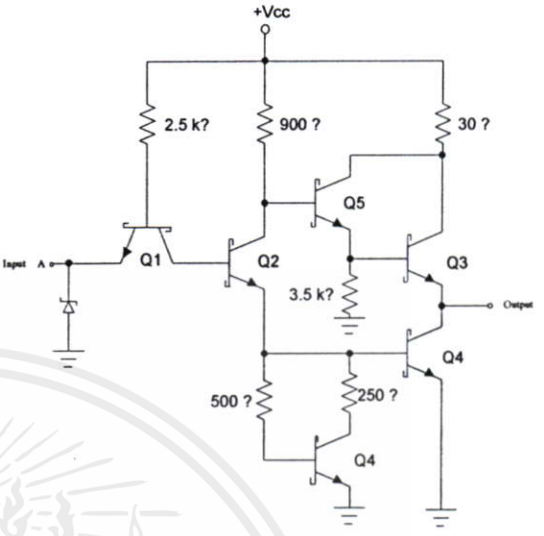
5. Low Power Schottky TTL

Low Power Schottky TTLอักษรบอกกลุ่มคือ LS เช่น กำลังต่ำ TTL ในกลุ่มนี้ใช้งานได้ความเร็วเท่ากับ มาตรฐาน แต่กำลังใช้งานต่ำกว่าเหลือเพียง 1/5 เท่านั้น (สุเจตน์ จันทรังษ์.2539 : 119) ซึ่งวัฒนา แก้วคุก (2546 : 98 – 91) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของ TTL Fate ประเภท Schottky และ Low Power Schottky ไว้ว่า โดยโครงสร้างภายในของไดโอดประเภท Schottky จะมีค่าคาปาซิเตอร์ที่น้อยมาก และมีช่วง เวลาการฟื้นตัวของการทำงานที่สั้นมาก (Recovery Time) สารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างเป็น Schottky จะสามารถเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานได้อย่างรวดเร็วโดยปราศจากค่า Schottky Time Delays ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่สูงขึ้นในภาพประกอบที่ 2.8 (ก) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของวงจร NAND Gate ประเภท Schottky เบอร์ 74S01 ทรานซิสเตอร์และไดโอดภายในลอจิกเกตจะมีโครงสร้างเป็น Schottky ยกเว้นทรานซิสเตอร์ Q3 (เพื่อไม่ต้องการให้ทรานซิสเตอร์ Q3 สามารถทำงานในลักษณะสวิตช์ต่อได้เต็มที่) ทรานซิสเตอร์ Q6 จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q4 และจะรวมกันทำให้ทรานซิสเตอร์ Q4 สามารถเปลี่ยนสภาวะ

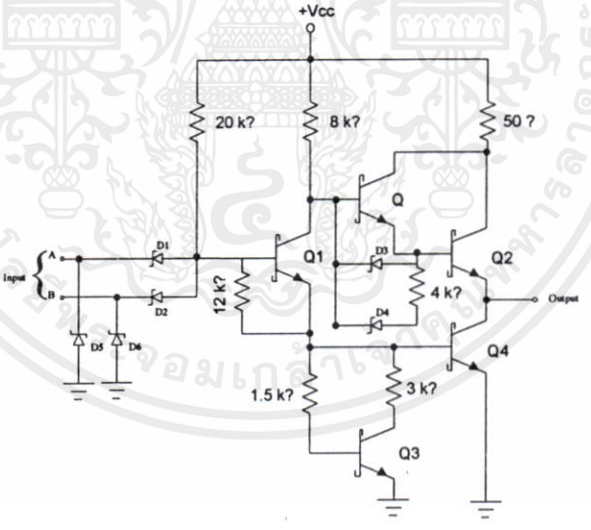
การทำงานจากลักษณะสวิตช์ต่อเป็นสวิตช์ตัด (Cut off) ได้อย่างรวดเร็ว ภาพประกอบที่ 2.8 (ข) เป็นอินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74S01



(ก) NAN Gate 2 อินพุท เบอร์ 74S00



(ข) อินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74S01



(ค) NAN Gate 2 อินพุท เบอร์ 74LS00

ภาพที่ 2.8 โครงสร้าง TTL Gate ประเภท Schottky และLow Power Schottky

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

จากภาพประกอบที่ 2.8 (ค) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของวงจร NAN Gate 2 อินพุทประเภท Low Power Schottky ทางด้านอินพุทของ NAND Gate จะไม่ใช้ Multiple – Emitter แต่จะใช้ไดโอด D1,D2 และตัวต้านทาน 20 KΩ แทนทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์ ภาคเอาต์พุทเป็น Totem Poleแต่ค่าความต้านทานใน TTL Low Power Schottky จะมีค่าสูงกว่า ไดโอด

D3 และ D4 และตัวต้านทาน 4KΩ มีหน้าที่ร่วมเก็บประจุคายประจุในกรณีที่โหลดมีคุณสมบัติเป็นคาปาซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ D3และD4 ทำงานอยู่ในลักษณะเก็บประจุ

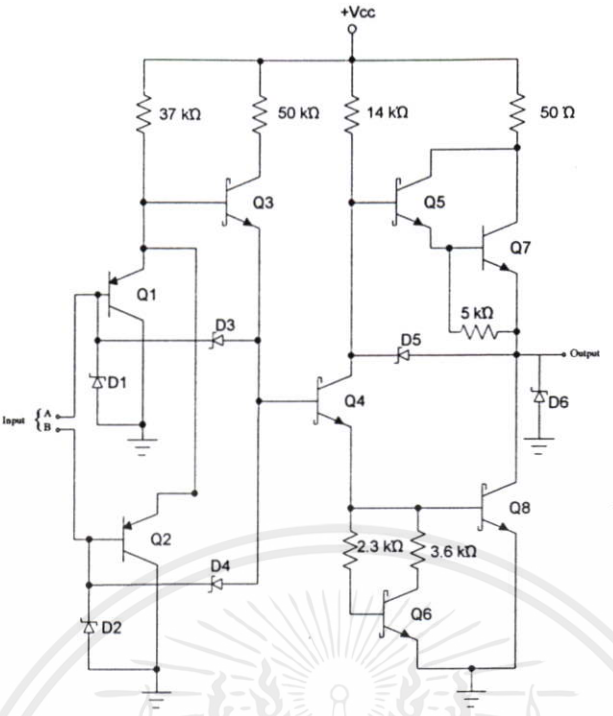
6. Advanced Schottky **TTL**

Advanced Schottky TTL เป็น Schottky รุ่น ใหม่ ความเร็วเพิ่มขึ้น มีค่าเวลาประวิงของเกตเฉลียประมาณ 1 nS เมื่อขับโหลด 50 pF/2 KΩและลดพลังงานลงกว่าครึ่งของรุ่นมาตรฐาน เครื่องหมายที่กำหนด IC ชนิดนี้คือ AS เช่น 74AS32

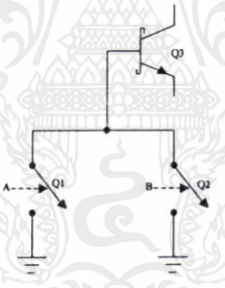
7. Advanced Low-power Schottky **TTL**

Advanced Low-power Schottky เป็นรุ่นที่พัฒนาขั้นสูงเกี่ยวกับ การใช้พลังงานต่ำของ Schottky Diode และมีความเร็วสูงโดยมีความเร็ว 4 ns เครื่องหมายที่ใช้คือ ALS เช่น 74ALS04, 74ALS32 (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์.2542 : 45) ซึ่งวัฒนา แก้วดุก (2546 : 91-93) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของ TTL Gate ประเภท Advanced Schottky และ Advanced Low-power Schottky ไว้ว่า ALS และ AS เป็นอีกก้าวหนึ่งของการพัฒนาให้ NAND Gate มีความสามารถในการทำงานที่เร็วมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับการสวิตช์ชิ่งเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานที่เร็วมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องการเพิ่มขึ้นของความเร็ว สำหรับการสวิตช์ชิ่งเชิงเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานลดผลของค่าคาปาซิสเตอร์ภายในตัว ลดการใช้กำลังไฟฟ้าลง เพิ่มอัตราส่วนค่าให้สูงขึ้น เป็นต้น พิจารณาในภาพกระกอบที่ 2.9 (ก) เป็นวงจร NAND Gate 2 อินพุท ประเภท Advanced Low-power Schottky (ALS) เบอร์ 74LS00 ในภาคอินพุทจะใช้ในการขนานกันของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 แทนการใช้ทรานซิสเตอร์แบบ Multiple-Emitter เพราะทรานซิสเตอร์แบบธรรมดา (ไม่ใช่ Multiple – Emitter) จะช่วยลดการใช้กระแสไฟฟ้าของ TTL Gate ในช่วงที่อินพุทได้รับสภาวะระดับสัญญาณลอจิกเป็น “0” และเป็นการเพิ่มค่า Fan out ในกรณีอินพุท A และ B ได้รับค่าระดับสัญญาณลอจิกเป็น “0” ทั้งคู่ จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ PNP ทำงานเพราะว่าขาอิมิเตอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าบวกมากกว่าที่ขา Base ในภาพประกอบที่ 2.9 (ข) แสดงให้เห็นว่าวงจรสมมูลอย่างง่ายด้านอินพุท จากวงจรสมมูล สามารถอธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 มีการทำงานเป็นสวิตช์ที่ถูกควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า ถ้าอินพุทใดได้รับค่าระดับสัญญาณลอจิกที่เป็น “0”จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ตัวนั้น ทำงานอยู่ในลักษณะสวิตช์ต่อ เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ Q3 ไม่ทำงาน แต่ในกรณีที่อินพุททั้ง A และ B ได้รับค่าสัญญาณลอจิกเป็น “1” ทั้งคู่จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ ทำงาน Q3 โดยทรานซิสเตอร์ Q3 จะทำหน้าที่ขับทรานซิสเตอร์ Q4 อีกครั้งหนึ่ง ไดโอด D3 D4 และ D5 ใช้เร่งการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะไม่กระทบต่อผลของค่าระดับสัญญาณลอจิก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) NAND Gate 2 อินพุท เบอร์ 74ALS00A



(ข) วงจรสมมูลการทำงานของ NAND Gate 2 อินพุท เบอร์ 74ALS00A

ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของไอซี TTL ประเภท ALS และ AS

8. Fast TTL

Fast TTL เป็นกลุ่มที่มีความเร็วมากกว่า Standard TTL ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า Standard TTL เครื่องหมายที่ใช้ คือ F เช่น 74F04, 74F08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การตรวจสอบไอซี TTL

สามารแบ่งการตรวจสอบ เป็น 3 แบบคือ

1. การตรวจสอบโดยการต่อวงจรจริงให้ไอซีทำงาน
2. การตรวจสอบ โดยการใช้โพรบตรวจสอบสถานะลอจิกของวงจรลอจิกเกต
3. การตรวจสอบ โดยการใช้เครื่องตรวจสอบ

1. การตรวจสอบโดยการต่อวงจรจริงให้ไอซีทำงาน

เป็นการจำลองการทำงานป้อนแรงดันและสัญญาณตามตารางความจริงทุกสภาวะเพื่อดูสถานะการทำงานว่าแสดงผลเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดใน Data sheet ของไอซีตัวนั้นๆ หรือไม่ เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลาย

2. การตรวจสอบโดยการใช้โพรบตรวจสอบสถานะลอจิกของวงจรลอจิกเกต

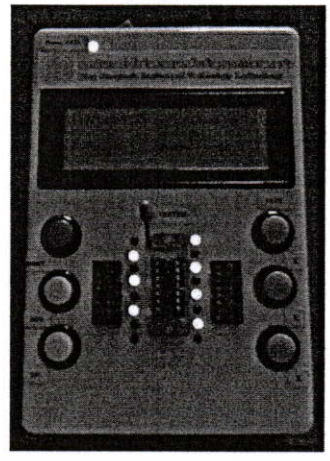
เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ตรวจสอบสถานะลอจิกของวงจรลอจิกเกต คือ โพรบลอจิก ดังแสดงในภาพประกอบที่ที่ปลายของมันทำด้วยโลหะ ใช้สัมผัสที่ต้องการวัดบนแผ่นวงจรพิมพ์ โพรบลอจิกต้องต่อแหล่งจ่ายเข้าที่สายแดง +5 Volt และลบที่สีดำ ที่ตัวมันจะมีสวิตช์เลือกว่าจะต้องการวัดลอจิกเกตชนิด TTL หรือ C MOS และมีไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะลอจิกสูงและต่ำ (นภัทร วัจนเทพินทร์ 2545: 60)

ภาพที่ 2.10 โพรบลอจิก

3. การตรวจสอบโดยการใช้เครื่องตรวจสอบ

การตรวจสอบในลักษณะนี้มีข้อดีกว่าการการตรวจสอบแบบอื่น คือ สะดวกและรวดเร็วกว่าไม่ต้องต่อวงจรให้ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียเรื่องการตรวจสอบที่ได้ผลที่เที่ยงตรงถูกต้อง ดังนั้นเครื่องมือดังกล่าวต้องมีการ ทดสอบ และหาประสิทธิภาพแล้วจึงมั่นใจได้ว่าผลการตรวจสอบนั้นถูกต้องแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 เครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL

2.3 การออกแบบและการพัฒนา ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การออกแบบผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าการออกแบบ โดยหาวัสดุที่มีความแข็งแรงสามารถสร้างเป็นชิ้นงานได้ง่ายคำนึงถึงเรื่อง สีของวัสดุ สีของปุ่มกดที่มีสีต่างกันในแต่ละฟังก์ชั่นการทำงาน ขนาดที่ใช้ต้องมีความเหมาะสมสามารถหาซื้อมาเปลี่ยนได้ง่าย คำนึงถึงการออกแบบที่ทำให้เคลื่อนย้ายได้ง่าย จับถนัด ลักษณะการออกแบบที่ทำให้การใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน

การพัฒนาชุดตรวจสอบไอซี ตระกูล TTL ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายซึ่งใช้ตามสถานศึกษา บริษัท และโรงงาน ล้วนแต่มีคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ทำให้การแสดงผลที่เป็นลักษณะ DATA SHEET สามารถแสดงรายระเอียดได้เป็นอย่างดีมีประโยชน์ในการศึกษาและสะดวกรวดเร็วแม่นยำไม่ต้องเปิดหรือถือหนังสือ DATA SHEET หรือใช้วิธีการตรวจสอบแบบเดิมๆ ซึ่งต้องใช้เวลานานในการต่อวงจรและตรวจสอบแบบทีละขั้นตอน

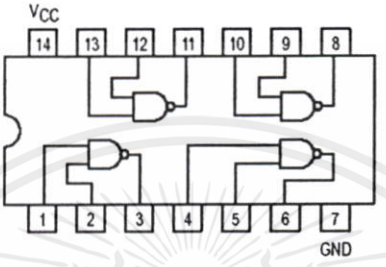
ในห้องปฏิบัติการ เช่น วิทยาลัยเทคนิคสังกัดกรมอาชีวศึกษา สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิชาดิจิตอลเทคนิค รหัส 3105-1008 มีคำอธิบายรายวิชาดังนี้ “ศึกษา การวิเคราะห์ และออกแบบวงจรคอมบิเนชั่น การลดรูปสมการ วงจรลอจิก วงจรมัลติเพล็กซ์ ดีมัลติเพล็กซ์ ดีโค้ดเดอร์ เอ็นโค้ดเดอร์ คอมพาราเตอร์ วงจรโมโนสเตเบิล และ สัญญาณนาฬิกา ฟลิบ-ฟลอบ วงจรนับ รีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์ วงจรคำนวณทางคณิตศาสตร์ โครงสร้างและการใช้งานหน่วยความจำแบบต่าง ๆ วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลกับแอนะลอก

สำหรับการปฏิบัติ เช่น การทดสอบวงจรดิจิตอลคอมบิเนชั่น และซีเควนเชียล การประยุกต์ใช้วงจรดิจิตอลในงานวิชาชีพจะเห็นได้ว่าจากคำอธิบายรายวิชามีการใช้งานไอซี ตระกูลทีทีแอล เบอร์ไอซีที่เกี่ยวข้องกับคำอธิบายรายวิชานั้น ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยเพื่อสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในห้องปฏิบัติการเช่น วงจร Combination การลดรูปบูลลีนฟังก์ชั่น การประยุกต์วงจรโลจิกเกต

วงจร Adderวงจร Encoder วงจร Decoder Multiplex and Demutiplex วงจร Comparator วงจร Clock Flip-Flop และวงจร Counter Synchronous Counter Shift Register.

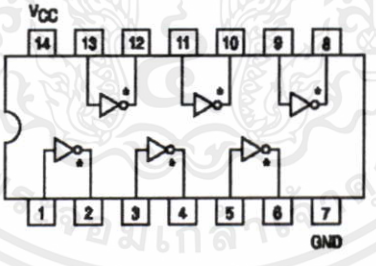
จะเห็นได้ว่าจากคำอธิบายรายวิชามีการใช้งานไอซี ตระกูล TTL เบอร์ไอซีที่ใช้คือ สามารถแบ่งออกตามคุณสมบัติดังนี้ คือ

1. ไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Totem pole7400, 7402, 7404, 7406, 7408, 7410, 7411, 74LS20, 74LS21, 74LS28, 74LS32, 74LS37, 74LS86, ยกตัวอย่างดังภาพ



ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Totem pole

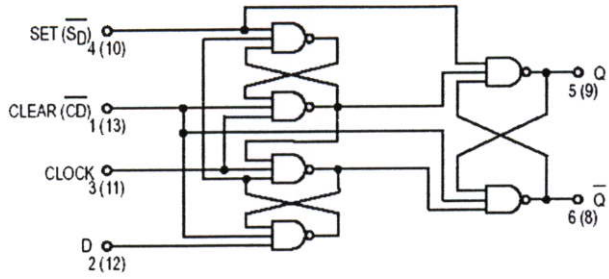
2. ไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Open collector7401, 7403, 7405, 7409, 7412, 74LS15, 74LS22, 74LS33, 74LS38, 74LS39, 74LS40, 7406, 7407, 74LS16, 74LS17, 74LS23, 74LS25



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างไอซีที่มีเอาท์พุทเป็นแบบ Open collector

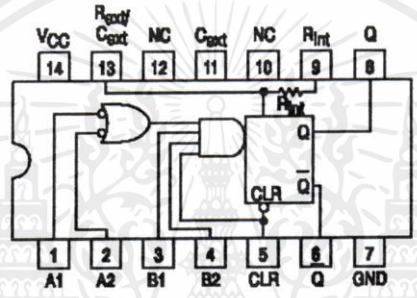
3. ไอซีฟลิบฟลอบที่ต้องการสัญญาณนาฬิกา74LS74, 74LS78, 74LS76, 74LS73, 74LS75, 74LS77, 74LS107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



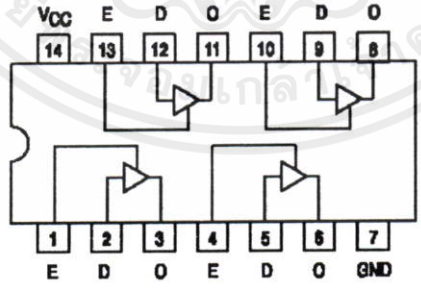
ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างไอซีฟลิบฟลอบที่ต้องการสัญญาณนาฬิกา

4. ไอซีแบบ Retriggerable Constable Multivibrator74LS122, 74LS123



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างไอซีแบบ Retriggerable Constable Multivibrator

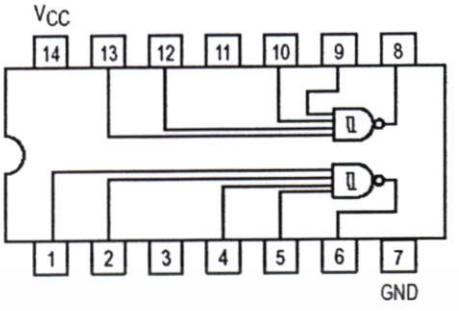
5. ไอซีแบบTri-state74LS125, 74LS126, 74LS244, 74LS365



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างไอซีแบบ Tri-states

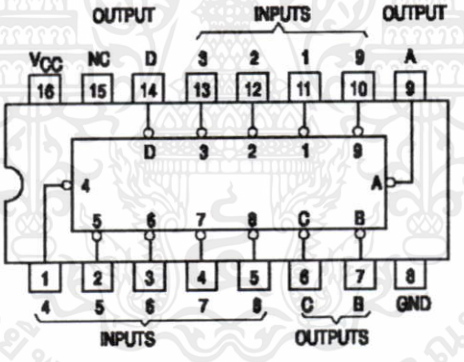
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไอซีแบบ Schmitt Trigger NAND 7413, 74LS14



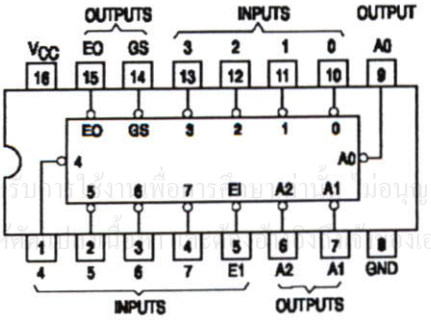
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างไอซีแบบ Schmitt Trigger NAND

8. ไอซีแบบ BCD to Seven-Segment DECODER74LS47, 74LS48, 74LS83, 74LS85, 74LS86



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างไอซีแบบ BCD to Seven-Segment DECODER

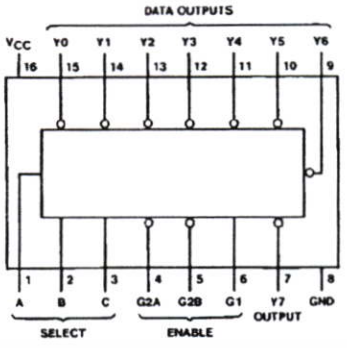
9. ENCODER74LS147, 74LS148



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

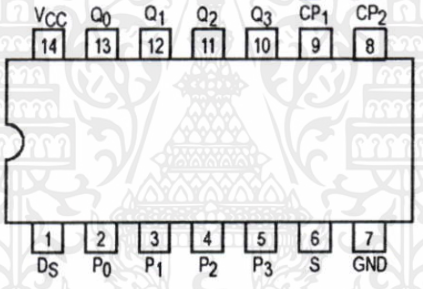
ภาพที่ 2.19 ตัวอย่าง ENCODER

10. DECODER (Demultiplexer) 74LS138, 74LS139, 74LS155, 74LS156



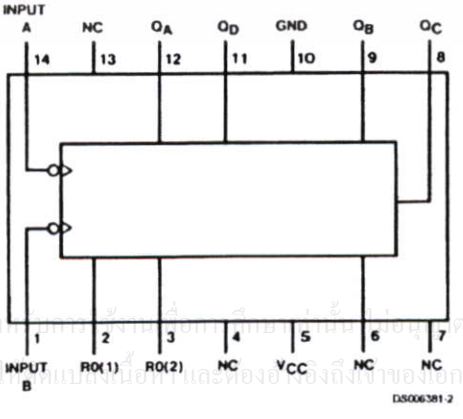
ภาพที่ 2.20 ตัวอย่าง DECODER (Demultiplexer)

11. SHIFT register74LS95, 74LS164, 74195



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่าง SHIFT register

12. Binary COUNTER74LS93



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.22 ตัวอย่าง Binary Counter

2.3.1 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนซอฟแวร์

หลักการโปรแกรมเชิงวิชวลเบสิกเป็นหลักการของภาพและการมองเห็น โดยเริ่มจากการออกแบบวินโดวส์ย่อยหรือในเชิงวิชวลเบสิก เรียกว่า ฟอร์มจะประกอบด้วย สิ่งต่างๆ ที่เราจะทำงานด้วย หรือ เรียกว่าเป็น ออปเจ็ค เช่น ข้อความ ช่องรับข้อความ สกอลบาร์ (Scroll Bar) หรือ ปุ่ม (Button) เมื่อกำหนดสิ่งเหล่านี้ครบตามต้องการแล้วจึงระบุว่าองค์ประกอบแต่ละอย่างว่าจะทำงานอย่างไรโดยเขียนโปรแกรมย่อยๆที่ต้องทำแบบนี้เพราะว่าการทำงานของวินโดวส์เป็นแบบ ที่เรียกว่าอีเว้นไดร์ฟเวน (Event-Driven) คือ ขึ้นกับเหตุการณ์

จากแนวทางนี้จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นธรรมชาติมาก คือ กำหนดหน้าต่างของจอภาพ หรือส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และระบุว่าถ้าเกิดเหตุการณ์อย่างนี้กับสิ่งนี้จะต้องทำอย่างไร ซึ่งโปรแกรมที่เราจะเขียน ก็คือ ส่วนที่จะบอกว่าจะต้องทำอย่างไรนั่นเอง

โดยสรุปแล้วรูปแบบของหลักการในวิชวลเบสิก ก็คือ เริ่มจากออกแบบจอภาพ และเขียนโปรแกรมสำหรับแต่ละเหตุการณ์ผนวกเข้าไปกับออปเจ็คต่างๆ ตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยออปเจ็คจะมีคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในตัวเอง

วินโดวส์หลักการของวิชวลเบสิก

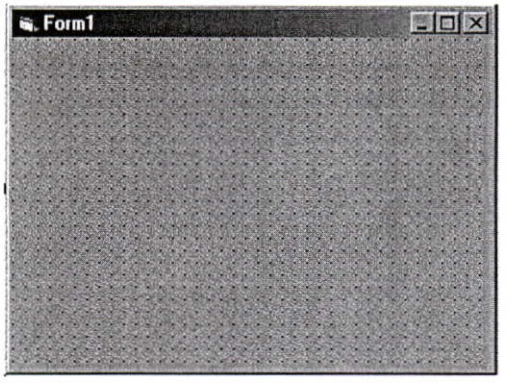
ใช้สั่งงานด้านต่างๆเช่น เกี่ยวกับไฟล์(File) การคอมไพล์ (Compile) การสั่งโปรแกรมทำงาน (Run) หรือควบคุมวินโดวส์อื่นๆ ส่วนบนจะเป็นเมนูเพื่อสั่งงานเหมือนกับแอปพลิเคชั่นอื่นทั่วๆไป ข้างใต้เมนู (Menu) คือ แผงของปุ่มควบคุมหรือทูลบาร์ (Toolbar) ทำให้สั่งงานได้อย่างรวดเร็ว โดยเพียงแค่คลิกเมาส์ตรงปุ่มที่ต้องการทางขวามือจะเป็นการแสดงตำแหน่งของออปเจ็คที่เชิงวิชวลเบสิก ประกอบด้วย วินโดวส์ย่อยหลายอันซึ่งสามารถเปิดปิดได้ดังภาพที่ 2.23

ภาพที่ 2.23 วินโดวส์หลักการของวิชวลเบสิก

วินโดวส์ฟอร์ม

เป็นวินโดวส์เปล่าๆ หรือตัวฟอร์มเปล่า สำหรับสร้างองค์ประกอบของแอปพลิเคชั่นโดยนำออปเจ็คมาใส่ฟอร์ม หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นวินโดวส์ของแอปพลิเคชั่นที่จะสร้างนั่นเอง เมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรมวิชวลเบสิกจะกำหนดฟอร์มเปล่าขึ้นมาให้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.24 ฟอร์มเริ่มต้นที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อเริ่มใช้งานโปรแกรม

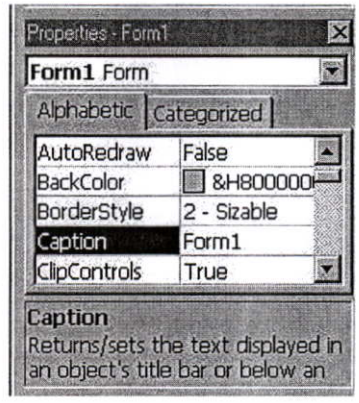
วินโดวส์ทูลบอกซ์

เป็นที่รวมของออปเจ็คต่างๆ ที่จะนำมาประกอบในแอปพลิเคชั่นโดยออปเจ็คพื้นฐานจะเป็นดังภาพที่ 2.25 แต่ถ้าหากมีการเพิ่มไฟล์ คัสตอมคอนโทรล (Custom Control) เข้าไปในโปรเจ็ค (Project) จะปรากฏออปเจ็คเพิ่มขึ้นมากกว่านี้

ภาพที่ 2.25 วินโดวส์ทูลบอกซ์ที่แสดงออปเจ็คแบบต่างๆ

วินโดวส์คุณสมบัติ

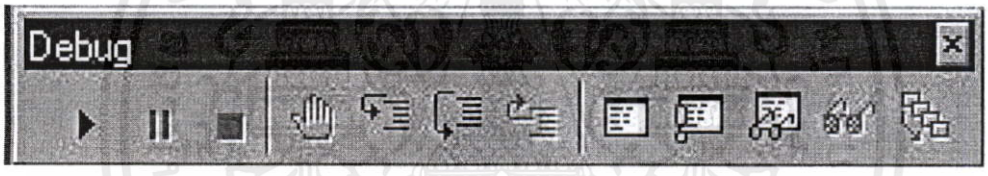
วินโดวส์คุณสมบัติจะแสดงคุณสมบัติทั้งหมดของออปเจ็คที่ถูกเลือก ถ้าหากวินโดวส์ถูกเปิดอยู่การคลิกที่ออปเจ็คจะทำให้คุณสมบัติในวินโดวส์เปลี่ยนไปตามออปเจ็คนั้น คือไปดึงคุณสมบัติของออปเจ็คนั้นมาแสดง นอกจากการคลิกแล้ว ถ้าเลือกแล้วที่ตัวออปเจ็คในช่องบนสุดของวินโดวส์นี้สามารถแสดงรายการของออปเจ็คขึ้นมาให้เลือกได้ด้วย ในช่องตรงกลางมีไว้เพื่อกำหนดค่าของคุณสมบัติที่เลือกได้โดยคลิกที่ปุ่มรูปลูกศรชี้ลงของช่องกลาง สำหรับส่วนล่างหากรายการมีมากกว่าที่จะแสดงให้เห็นให้สกอลบาร์เลื่อนดูคุณสมบัติต่างๆ



ภาพที่ 2.26 วินโดวส์คุณสมบัติแสดงคุณสมบัติของออปเจ็ค

วินโดวส์ดีบัก

ใช้ในการตรวจสอบค่าของตัวแปรหรือนิพจน์ และสั่งงานในการทดสอบการทำงานทีละคำสั่ง (Single Step)

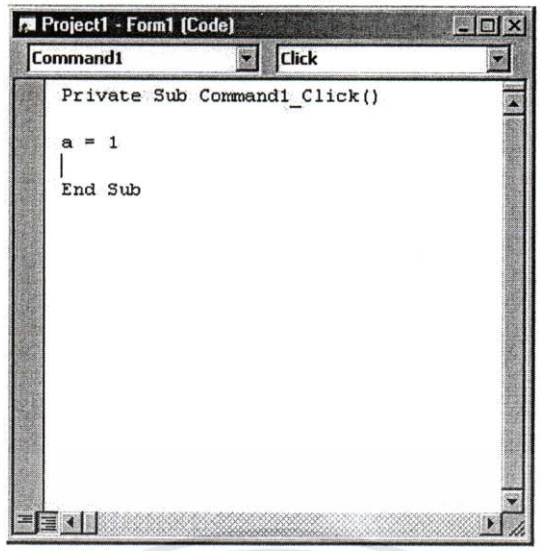


ภาพที่ 2.27 วินโดวส์ดีบักสำหรับตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม

วินโดวส์การแก้ไข

เป็นวิโดวส์สำหรับการป้อนโปรแกรม โดยส่วนบนของวินโดวส์จะมีช่องสำหรับการแสดงออปเจ็ค และโพรซีเดอร์ (Procedure) คือโปรแกรม หรือ Routine ย่อยประจำเหตุการณ์นั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากำลังแสดง Routineใดของออปเจ็ค ถ้าหากต้องการเปลี่ยนออปเจ็ค หรือ Routine ก็เลือกได้จากสองช่องนี้ หรือจากการกดคีย์เพจอัพ (PgUp) หรือเพจดาวน์ (PgDn) จะเป็นการเลื่อนโปรแกรมไปเรื่อยๆ ทีละ Routineในวินโดวส์นี้มีการแสดงสิ่งต่างๆ โดยใช้สีที่ต่างกัน เช่น หมายเหตุในโปรแกรมคำสั่งเฉพาะของวิชวลเบสิก เป็นต้น ซึ่งสีเหล่านี้ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้จากเมนูออปชั่น (Option) ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 วินโดวส์สำหรับการป้อนโปรแกรม

วินโดวส์โปรเจ็ค

โดยทั่วไประบบงานหนึ่งๆ จะประกอบด้วย จอภาพ เช่น จอภาพสำหรับป้อนข้อมูล (Data Entry) จอภาพสำหรับค้นหาข้อมูล (Data Inquiry) เป็นต้น ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรม จึงนิยมที่จะแยกแต่ละจอภาพออกเป็นโปรแกรม เพื่อความสะดวกในการแก้ไขตามหลักการเขียนโปรแกรมตามแบบ Modularity เช่น ภาษาตระกูล Xbase ก็จะแยกออกเป็นไฟล์นามสกุล PRG หรือในภาษา BASIC ก็จะแยกออกเป็นไฟล์นามสกุล BAS เป็นต้น แล้วจึงนำแต่ละโปรแกรมย่อยมาประกอบกันขึ้นเป็นระบบโดยการคอมไฟล์ไฟล์เหล่านั้นรวมกันเป็น Executed Program (ไฟล์นามสกุล EXE) เพื่อนำไปใช้งาน

ใน Visual Basic ก็เช่นเดียวกันแต่ละจอภาพที่พัฒนาขึ้นก็คือ Form ต่างๆ และเมื่อนำมารวมกันก็จะกลายเป็นระบบงานระบบหนึ่ง เรียกว่า Project ดังนั้น Project และ Form จึงต้องทำร่วมกันจะขาดไฟล์ใดไฟล์หนึ่งไม่ได้

หัวข้อในเมนูหลัก

เมนูในวินโดวส์ หลักการของวิชวลเบสิก ประกอบด้วย 8 หัวข้อ คล้ายกับหัวข้อที่พบในส่วนแอปพลิเคชั่นทั่วไป คือ ไฟล์จัดการเกี่ยวกับไฟล์แก้ไขมุมมอง เลือกมุมมองในการทำงาน สั่งโปรแกรมทำงาน ดีบัก ติดตามการทำงานของโปรแกรม ออปชั่น เลือกกำหนดองค์ประกอบวินโดวส์ จัดการเกี่ยวกับวินโดวส์ และข้อความช่วยเหลือ แสดงรายละเอียด ดังนี้

1. ไฟล์ เป็นหัวข้อการทำงานเกี่ยวกับไฟล์ มีทั้งการเปิดโปรเจ็คเก่า (Open Project) และสร้างไฟล์โปรเจ็กขึ้นมาใหม่ (New Project) ส่วนไฟล์ในระดับโมดูลและฟอร์มก็สามารถสร้างได้จากเมนูนี้เช่นกัน นอกจากนี้ ในการเพิ่มหรือลบไฟล์ออกจากโปรเจ็คก็ให้เลือกไฟล์ที่ต้องการจากวินโดวส์โปรเจ็คก่อนแล้วจึงทำการเลือกหัวข้อ เพิ่มไฟล์ (Add File) หรือเคลื่อนย้ายไฟล์ (Remove File)

ตามลำดับ สำหรับการเลือกไฟล์ใดๆ จะมีวินโดวส์ที่แสดงรายชื่อของไฟล์โดยมีช่องให้ผู้ใช้กำหนดไดรฟ์ (Drive) ขึ้นมา ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนๆกับที่พบในแอปพลิเคชั่นทั่วๆไป

2. แก้ไข เป็นการทำงานกับการแก้ไขฟอร์มโปรแกรม โดยรวมกลุ่มคำสั่งเกี่ยวกับการแก้ไข เช่น ตัดปะ (Cut Paste) การค้นหาข้อความ และแทนที่ ในวินโดวส์ การแก้ไข รวมทั้งการยกเลิกแอปพลิเคชั่นอื่นบนวินโดวส์

3. มุมมอง สำหรับโปรแกรมโพรซีเดอร์ต่างๆ และทูลบาร์จะใช้ในกรณีที่ต้องการจะค้นหาว่าโพรซีเดอร์ที่เลือกมีรายละเอียดของการสั่งงานอย่างไร

4. สั่งโปรแกรมทำงาน สำหรับคำสั่งให้โปรแกรมเริ่มหรือหยุดทำงาน นอกจากหัวข้อในเมนูแล้ว ผู้ใช้ยังอาจสั่งได้จากการใช้ชื่อตคัต คีย์ (Shortcut key) หรือปุ่มจากทูลบาร์

5. ดีบัก ทำหน้าที่ในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีเครื่องในการตรวจสอบให้ใช้ครบถ้วน

6. ออปชั่น สำหรับกำหนดลักษณะของสภาพแวดล้อมในการทำงาน เป็นต้นว่าส่วนต่างๆในการแก้ไข ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดได้เองตามต้องการ นอกจากนี้ ยังกำหนดรูปแบบของไฟล์โปรแกรมที่จะจัดเก็บได้ว่าเป็นไบนารี่ (Binary) หรือเท็กซ์ (Text) รวมทั้งจะมีการตรวจสอบการประกาศใช้ตัวแปรก่อนใช้งาน

7. วินโดวส์

ใช้สำหรับการเปิดวินโดวส์ต่างๆของวิชวลเบสิก

8. ความช่วยเหลือ

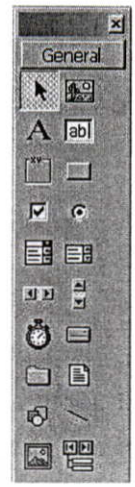
เป็นเมนูที่รวมหัวข้อเกี่ยวกับการให้ความช่วยเหลือผู้ใช้ไว้ด้วยกัน มีทั้งการแสดงข้อความช่วยเหลือการใช้งาน รวมไปถึงคำสั่งและฟังก์ชั่นต่างๆซึ่งผู้ใช้สามารถค้นหาหัวข้อที่ต้องการได้ และการแสดงบทเรียนเกี่ยวกับวิชวลเบสิก ตั้งแต่การแนะนำตัว อธิบายการทำงาน การสร้างแอปพลิเคชั่น การเขียนโปรแกรม การทำเมนู ไปจนถึงการค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาดในโปรแกรม

ขั้นตอนของออปเจ็ค

ในการสร้างออปเจ็คขึ้นมาในฟอร์มนั้นมีขั้นตอนดังนี้

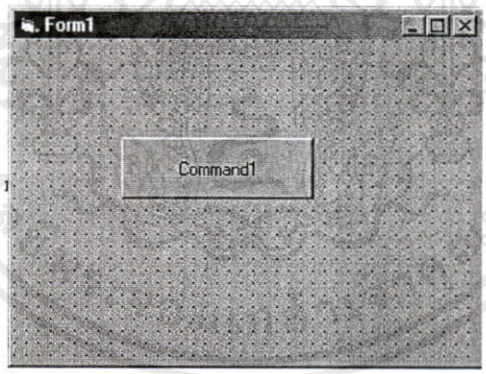
1. เลือกออปเจ็ค โดยการดับเบิลคลิกที่ออปเจ็คที่ต้องการในวินโดวส์ทูลบอกซ์จะเห็นกรอบของออปเจ็คนั้นปรากฏอยู่ในวินโดวส์ ดังภาพที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.29 เลือกออปเจ็คจากวินโดวส์ทูลบอกซ์

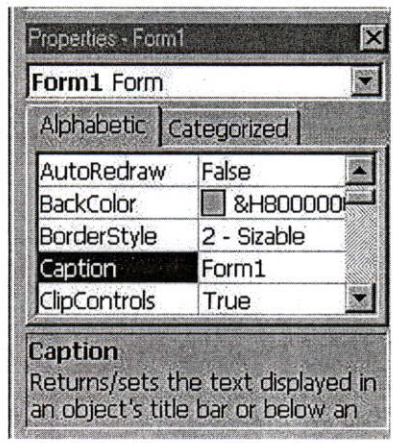
2. ปรับขนาดและตำแหน่ง ต้องกำหนดว่าจะทำออปเจ็คใดก่อน ด้วยการคลิกที่ออปเจ็คนั้น จะปรากฏกรอบรอบออปเจ็คขึ้นมา การเคลื่อนย้ายทำได้โดยกดปุ่มเมาส์ค้างไว้เมื่อตัวชี้อยู่ในกรอบ และเลื่อนไปยังตำแหน่งใหม่แล้วจึงปล่อยปุ่มเมาส์ ออปเจ็คก็จะเลื่อนตามไป ส่วนการปรับขนาดให้เลื่อนชี้ไปที่จุดสีดำบริเวณกรอบแล้วกดปุ่มเมาส์ค้างไว้ และเลื่อนจุดที่ต้องการเพื่อปรับขนาด



ภาพที่ 2.30 เลื่อนไปยังตำแหน่งของออปเจ็คและเปลี่ยนขนาด

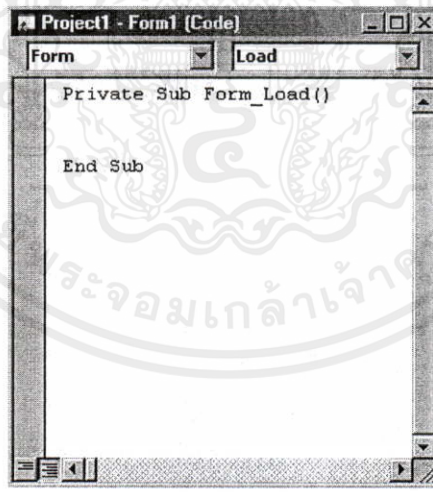
3. กำหนดคุณสมบัติ (Properties windows) สามารถกำหนดได้จากวินโดวส์คุณสมบัติ (Properties windows) ซึ่งการกำหนดนี้ทำได้ตามความต้องการของผู้ใช้ในบางครั้งอาจตองกำหนดหลายๆ อย่าง เพราะค่าที่วิชวลเบสิกกำหนดให้นั้นเป็นค่าที่เป็นค่ากลางๆ อาจไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ก็ได้ การกำหนดคุณสมบัติแสดง ดังภาพ ที่ 2.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.31 กำหนดคุณสมบัติผ่านวินโดวส์คุณสมบัติ

4. ระบุการทำงาน เมื่อกำหนดสิ่งต่างๆ เรียบร้อยแล้ว หากต้องการเขียนโปรแกรมผนวกเข้ากับออปเจ็คนั้นก็ให้ดับเบิลคลิกที่ออปเจ็ค จะมีวินโดวส์ของการแก้ไขขึ้นมาให้เขียนโปรแกรม วิชวลเบสิกจะมองคำสั่งที่ติดกับออปเจ็คเป็น โปรแกรมย่อย ดังจะเห็นได้จากคำว่า "Sub" และ "End Sub" ที่ขึ้นมาให้ก่อนโดยอัตโนมัติก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรม คือ แสดงว่าเป็นโปรแกรมย่อยที่ทำงานกับออปเจ็คนั้นดังนั้น ดังภาพ ที่ 2.32



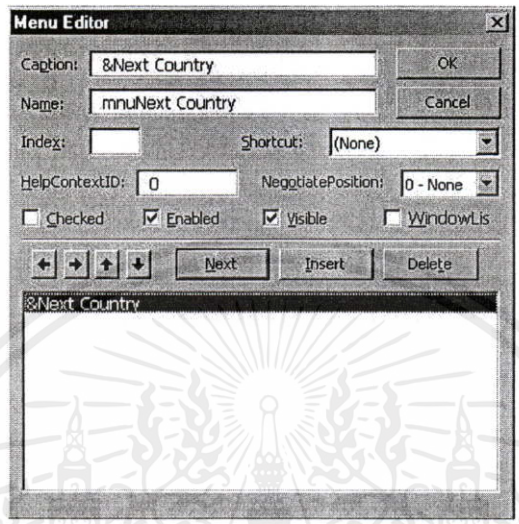
ภาพที่ 2.32 เริ่มต้นของวินโดวส์การแก้ไขก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรม

การออกแบบเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทุกแอปพลิเคชั่นบนวินโดวส์จะมีเมนู เพราะว่าเมนูจะเป็นส่วนหนึ่งในการอินเตอร์เฟสของวินโดวส์ จนเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ในแอปพลิเคชั่นต่างๆ เมนูทำให้การจัดกลุ่มคำสั่งประเภทเดียวกันเข้าด้วยกันได้สะดวก วิชวลเบสิกจึงมีเครื่องมือในการออกแบบและสร้างเมนูให้กับผู้ใช้ด้วยเมนูในวิชวลเบสิก แบ่งออกเป็น เมนูย่อยลึกลงถึง 6 ระดับ นั่นคือ หลังจากเลือกหัวข้อในเมนูแล้ว

สามารถมีเมนูย่อยให้เลือกได้อีก 6 ชั้น เมื่อเลือกหัวข้อออกแบบเมนู (Menu Designs) จากวินโดวส์ หรือคลิกที่ปุ่มเมนูดีไซน์ที่ทูลบาร์จะปรากฏการออกแบบเมนูวินโดวส์ขึ้นภาพที่ 2.33 ในวินโดวส์นี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนบนเป็นรายละเอียดการกำหนดในแต่ละหัวข้อของเมนูตรงที่อยู่ในแถบวางของส่วนล่าง



ภาพที่ 2.33 วินโดวส์ของเมนูอีดิตเตอร์

การกำหนดรายละเอียดของแต่ละหัวข้อในส่วนบน จะประกอบด้วย ช่องต่างๆ ที่เป็นคุณสมบัติของเมนู คุณสมบัติที่สำคัญที่สุด คือ ชื่อ (Name) และหัวข้อ (Caption) การป้อนข้อมูลในส่วนบน จะทำให้เห็นโครงสร้างของเมนูในส่วนล่าง โดยที่การจัดย่อหน้าว่าหัวข้อใดอยู่ในเมนูใด หรือหากเลื่อนแถบสว่างในส่วนล่าง ก็จะมีรายละเอียดการกำหนดของหัวข้อที่ตรงกันนั้นปรากฏในส่วนบน นั่นคือ สองส่วนที่สัมพันธ์กันอยู่เสมอ

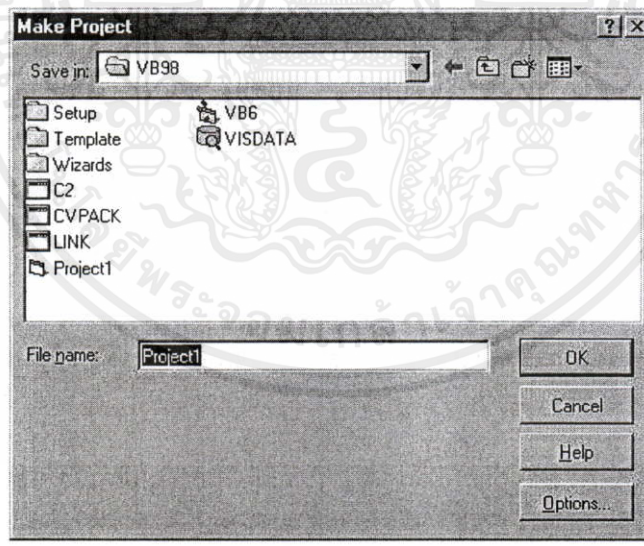
คุณสมบัติที่กำหนดได้ในการออกแบบเมนู ประกอบด้วย

หัวข้อ คือข้อความที่ปรากฏในเมนูชื่อ เป็นชื่อของหัวข้อเมนูนั้น มีไว้เพื่ออ้างอิง ทุกหัวข้อจะต้องมีชื่อที่ไม่ซ้ำกันเสมอ ยกเว้นแต่จะเป็นเมนูในการควบคุมอะเรย์ (Control Array) อินเด็กซ์เป็นดัชนีที่จะชี้ถึงสิ่งที่อยู่ในการควบคุมของอะเรย์ ซึ่งเป็นกลุ่มของตัวควบคุมที่ใช้ชื่อและโพรซีเดอร์ร่วมกัน ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างเมนูย่อยขึ้นมาใช้งาน อาจด้วยจุดประสงค์เพื่อจัดกลุ่มย่อยของคำสั่งในเมนูหรือเป็นเพราะเมนูบาร์ สำหรับเมนูที่มีเนื้อที่ไม่เพียงพอกับหัวข้อจำนวนมาก ในการสร้างเมนูย่อยนั้น มีขั้นตอนเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการกำหนดหัวข้อปกติเพียงใช้ปุ่มลูกศรที่อยู่ในส่วนล่างของการออกแบบเมนู ภาพที่ 2.33 เพื่อเลื่อนหัวข้อให้เป็นหัวข้อย่อยชั้นถัดลงไปของเมนูที่ต้องการเท่านั้น

การสร้างไฟล์ .EXE

หลังจากที่ได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชั่น ในสภาพแวดล้อมของวิชวลเบสิกจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว หากการใช้แต่ละครั้งจะต้องมาสั่งให้วิชวลเบสิกทำงานก่อน แล้วโหลดโปรแกรมมาทำงาน จะทำให้ไม่สะดวก วิชวลเบสิกจึงมีความสามารถในการคอมไพล์โปรเจ็ค ให้กลายเป็นไฟล์ที่ทำงานบนวินโดวส์ได้ด้วยตัวเอง วิธีการคอมไพล์จะต้องเลือกหัวข้อ Make EXE File ซึ่งอยู่ในเมนูไฟล์ หรือวิธีการกดคีย์ Alt+F, K ก็ได้ จะมีไดอล็อกบอกซ์ชื่อ "Make EXE File" สำหรับกำหนดและสั่งคอมไฟล์โปรเจ็ค ดังภาพที่ 2.34

ชื่อไฟล์ .EXE ที่วิชวลเบสิกกำหนดไว้ คือ ชื่อเดียวกับไฟล์โปรเจ็ค (ไฟล์ .MAK) หากต้องการใช้ชื่ออื่นๆ ให้พิมพ์ใหม่ในช่องชื่อไฟล์และหากจะเปลี่ยนไดรฟ์หรือไดเร็คทอรี่สามารถเลือกได้จากช่องไดเร็กทอรี่ สำหรับชื่อของแอปพลิเคชั่นและไอคอนที่จะแสดงในกลุ่มของโปรแกรมเมเนเจอร์ (Program Manager) กำหนดได้จากช่องแอปพลิเคชั่นไตเติล (Application Title) และยูสไอคอนฟอร์ม (Use Icon From) ตามลำดับ ถ้ามีการกำหนดไอคอนให้กับฟอร์มในโปรเจ็ค ก็จะมีรายการของไอคอนให้เลือก ซึ่งไอคอนที่ถูกเลือก ได้แสดงไว้ทางด้านขวาของวินโดวส์ ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดไอคอนให้กับฟอร์มวิชวลเบสิก จะใช้ไอคอนที่เตรียมไว้ เมื่อกำหนดทุกสิ่งครบแล้ว ให้กดปุ่ม OK เพื่อสร้างไฟล์. EXE



ภาพที่ 2.34 วินโดวส์สำหรับการสั่งคอมไพล์โปรเจ็ค

การใช้งานระดับสูง

ในวิชวลเบสิก Professional Edition ได้มีการเพิ่มเติมทั้งคัสตอมคอนโทรล เครื่องมือและข่าวสารขึ้นมาจาก Standard Edition จึงเป็นการเหมาะกับการพัฒนามืออาชีพหรือมือสมัครเล่นที่ต้องการใช้งานอย่างจริงจัง ซึ่งสิ่งที่เพิ่มขึ้นมาจะช่วยให้ผู้ใช้งานได้ง่ายขึ้น และแอปพลิเคชั่นที่ได้ก็เป็นที่น่าประทับใจของผู้ใช้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

1. Custom Control

ในชุด Professional Edition ได้ให้คัสตอมคอนโทรนเพิ่มขึ้นมาอีกหลายตัวด้วยกัน โดยแยกอยู่ในไฟล์ .VBX ซึ่งผู้ใช้เลือกที่จะเพิ่มเข้ามาหรือยกเลิกออกจากไฟล์โปรเจ็คได้ แต่ปกติแล้วไฟล์ AUTOLOAD. MAK จะเรียกใช้คัสตอมคอนโทรลทั้งหมดโดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงเราควรแก้ไขให้เหลือเฉพาะคอนโทรลที่เราใช้งานบ่อยๆ เท่านั้นเพระจะทำให้ไม่เสียเวลาในการโหลดคอนโทรลที่ไม่ได้ใช้

2. Animated Buttons

คอนโทรลตัวนี้จะทำให้เราสามารถที่จะสร้างปุ่มเคลื่อนไหวเมื่อปุ่มนั้นถูกกด โดยเราจะเป็นผู้กำหนดภาพแต่ละเฟรมที่จะแสดงต่อเนื่องกัน สำหรับเหตุการณ์และวิธีของ Animated Button จะมีเหมือนปุ่มกดปกติ และเรามักจะสนใจกับเฉพาะเหตุการณ์คลิก เช่นกัน ส่วนคุณสมบัติที่สำคัญคือ Picture สำหรับใช้กำหนดเฟรมของภาพจะแสดงเมื่อถูกกด Picture X pos และ Picture Y pos ใช้กำหนดตำแหน่งของภาพในการควบคุม ส่วนการกำหนดตำแหน่งของข้อความในปุ่มนั้น ใช้ วิธีการกำหนดค่า 0 ถึง 2 ให้กับ Text Position ว่า จะให้อยู่ข้างใต้ด้านซ้าย หรือ ด้านขวาของจอภาพตามลำดับการให้แสดงภาพว่าจะเร็วหรือช้านั้นกำหนดไว้ในคุณสมบัติความเร็ว โดยมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

3. Multimedia MCI Device ทำให้การติดต่อกับอุปกรณ์ด้านมัลติมิเดีย เช่น ซีดีรอม เป็นไปอย่างง่ายดายโดยจะมีปุ่มในการควบคุมเหมือนแผงของเครื่องเล่นซีดีให้ใช้ โดยเราไม่จำเป็นต้องสร้างปุ่มขึ้นมาทีละปุ่ม และเขียนโปรแกรมการสั่งงานเอง อย่างไรก็ตาม คอนโทรลนี้ก็มีคุณสมบัติเพื่อควบคุมการทำงานเช่นเดียวกัน คือ Button Enable มีค่าเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ใช้ระบุว่าจะให้ผู้ใช้สั่งงานที่ปุ่มควบคุมของคอนโทรลได้หรือไม่ คุณสมบัติ Command ระบุได้ว่าจะให้ทำคำสั่งด้าน MCI คำสั่งใดซึ่งเป็นการทำงานกับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ การแสดงปุ่มควบคุมอาจให้แสดงในแนวตั้งหรือแนวนอนได้ด้วยการกำหนดค่า 1 หรือ 0 ให้กับ Orientation และปิดเสียงด้วยการให้คุณสมบัติ Silent มีค่าจริง

4. Custom Control 3-D ประกอบด้วย คอนโทรล 6 ตัว ได้แก่ Check Box, Command Button, Frame, Group, Push Button, Option Button, และ Panel แบบ 3 มิติ ซึ่งแต่ละคอนโทรลมีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบบธรรมดา แต่เราสามารถกำหนดคุณสมบัติเพื่อให้มีการแสดงผลแบบ 3 มิติในลักษณะต่างๆได้

คุณสมบัติ Font 3D ใช้กำหนดว่าตัวอักษรนั้นจะทำการแสดงด้วยแสงเงาอย่างไร และคอนโทรล 3D เฟรม มีคุณสมบัติ Shadow Color ระบุถึงลักษณะและสีของเงา ส่วน 3D Command Button นั้นนอกจากใช้ Bevel Width กำหนดความหนาของขอบแต่ละปุ่มแล้วยังมีคุณสมบัติที่ระบุถึงภาพที่จะแสดงบนปุ่มได้อีกด้วย 3D Group Push Button สามารถแสดงภาพบนปุ่มขณะอยู่ในลักษณะต่างๆ ได้ด้วยการกำหนดภาพให้คุณสมบัติ Picture Up, Picture Down และ Picture Disabled สำหรับ 3D Panel ปรับแต่งเงาและความกว้างของขอบไว้ด้วย Bevel Inner, Bevel Outer,

Bevel Width และ Border Width นอกจากนี้แล้ว ยังกำหนดให้มีการระบายสีพื้นตามเปอร์เซ็นต์ในคุณสมบัติ Flood Percent ด้วยรูปแบบต่างๆ

2.4 การหาคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน

ภายหลังจากสร้างชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการเสร็จแล้วจะต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไปโดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. สร้างเครื่องมือประเมินคุณภาพ หากพบว่าข้อใดยังไม่ครอบคลุมส่วนใดส่วนหนึ่งกับวัตถุประสงค์ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2. นำแบบประเมินไปให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบและแก้ไขตามคำแนะนำจนเครื่องมือที่สร้างพร้อมที่จะนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2.1 ประเมินคุณภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ด้วยเครื่องมือที่ผ่านกระบวนการตามข้อ 2

3. ทำการปรับปรุงแก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือตามที่ผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นว่าเป็นอย่างไรให้ปรับปรุงหรือแก้ไขตามนั้น

4. นำเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงแล้วนั้น ไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

5. วิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ หากพบว่า เครื่องมือใดไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไข และทำการทดสอบประสิทธิภาพซ้ำจนกว่าจะได้เกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้

2.5 การหาประสิทธิภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์

การประเมินประสิทธิภาพการทดลองตรวจสอบไอซีด้วยชุดตรวจสอบไอซีตระกูลTTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

โดยเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นและผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว การประเมินประสิทธิภาพโดยการทดลองตรวจสอบไอซีด้วย ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการโดยการสุ่มหยิบไอซี TTL มาทดลอง และผลการทดลองต้องถูกต้องทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนนความถูกต้องของการตรวจสอบไอซี คือ

1. ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ สามารถตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ตัวที่ดีได้ถูกต้องทุกครั้งและทุกเบอร์

1.1 แสดงผลได้ว่าไอซีดีได้ถูกต้องทุกครั้งและทุกเบอร์

2. ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ตัวที่เสียได้ถูกต้องทุกครั้งและทุกเบอร์

2.1 แสดงผลได้ว่าไอซีตัวนั้นเสียและเสียที่ขาใดได้ถูกต้องทุกครั้งและทุกเบอร์

3. ตรวจสอบไอซี TTL โดยให้ชุดตรวจสอบไอซีหาเบอร์ไอซีเองโดยอัตโนมัติ

3.1 แสดงเบอร์ได้ถูกต้อง

4. แสดง Datasheet ของไอซีเบอร์ที่เราต้องการได้ถูกต้อง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของการประเมินประสิทธิภาพของผู้วิจัยประเมินชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้ได้ต้องมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี คือ ต้องได้คะแนนอยู่ในระดับคะแนน100 เปอร์เซ็นต์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปกรณ์ ชุณหสวัสดิกุล (2539 : บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบแสดงหาข้อมูล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ คือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลสามารถแสดงผลทางจอ LCD สามารถเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ดและรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ สำหรับวงจรที่ใช้วัดค่าทางกายภาพใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็น ดิจิตอล แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากทรานสดิวเซอร์เป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งไปประมลผลที่ส่วนควบคุมในส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบแสวงหาข้อมูลเป็นโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับควบคุมวงจรอินเตอร์เฟส โปรแกรมย่อยสำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลวงจรที่ใช้วัดค่าทางกายภาพซึ่งแยกออกจากระบบควบคุมเพื่อให้สามารถนำไปวัดค่าทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วรอบ ที่อาจจะอยู่ห่างจากระบบ

วิฑูรย์ อิ่มสมุทร (2539 : บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบวัดความสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของการวัดทางไฟฟ้าและเครื่องซีพี โดยชุดวงจรวัดกระแสแรงดันไฟสลับทำหน้าที่วัดและปรับขนาดสัญญาณให้เหมาะสมเพื่อส่งเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกและข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกควบคุมผ่านชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เบอร์ 80C31 เพื่อไปแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลและสามารถแสดงผลออกทางจอภาพ

ยงยุทธ วิฑูธีรศานต์ (2541 : บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์เพื่อการเขียนกราฟลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์โดยนำค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ที่วัดได้ ณ ตำแหน่งแรงดัน 1-15 โวลท์ ที่กระแสเบส 100,200,300,400,500,600,700,800,900,1000,ไมโครแอมป์มาทำการเปรียบเทียบกับค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องเขียนกราฟ ลักษณะสมบัติของสารกึ่งตัวนำที่ตำแหน่งการวัดเดียวกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบ ปรากฏว่า กระแสคอลเล็กเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้งสองไม่แตกต่างกันในช่วงกระแสเบส 100,200,300 และ 500 ไมโครแอมป์

พิพัฒน์ พูลเกษม (2544 : บทคัดย่อ) ได้จัดสร้างเครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ในส่วนของการเขียนโปรแกรม คือนำ ข้อมูลที่อยู่ในรูปอินเทลเฮกไฟล์ (Intel Hex File) ที่ได้จากการแอสเซมเบลอร์ของ ภาษาแอสแซมบลีนำมาทำการจัดรูปแบบ เป็นอินเทลเฮกไฟล์ฟอร์แมต (Intel Hex File) เพื่อจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลสู่เครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เครื่องโปรแกรมได้ทำการออกแบบโดยไอซี AT89C51 อีกตัวเป็นตัวจัดการอัลกอลึม รวมทั้งการรับและการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมไอซีโดยใช้โปรแกรมไมโครซอปวิชวลเบสิก 6 ในการเขียน แล้วจึงนำไอซีที่ผ่านโปรแกรมแล้วไปควบคุมอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์

ประสงค์ สืบชาติ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นแรงดันสูง 1,500 โวลต์ และวงจรตรวจสอบกระแสรั่วไหล 1.0, 1.5 มิลลิแอมป์ โดยสามารถตั้งเวลาทดสอบได้ 4 ระดับ คือ 5,10,60,90 วินาที

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี (2546 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการออกแบบวงจรชุดปฏิบัติการบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 โดยหาคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการศึกษา จำนวน 5 คน และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิศวกรรม จำนวน 5 คน ผลการวิจัยพบว่าวงจรและโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่ได้สร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านการศึกษาในเกณฑ์ดีโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 และมีคุณภาพทางด้านการศึกษาในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.58 ซึ่งคุณภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่ได้นี้ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

อนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์ (2548 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่อง การสร้างและหาคุณภาพของชุดปฏิบัติการคอมไบเนชันและซีเควนเชี่ยลโดยใช้ CPLD จากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับวิชาวงจรดิจิตอล ระดับอุดมศึกษา จำนวน 10 ท่านด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งใช้เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ชุดปฏิบัติการคอมไบเนชันและซีเควนเชี่ยลโดยใช้ CPLD 2) ใบงานการทดลองจำนวน 12 ใบงานและ 3) แบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการและใบงานการทดลอง

การสร้างชุดปฏิบัติการคอมไบเนชันและซีเควนเชี่ยลโดยใช้ CPLD มี 2 ส่วนประกอบ คือ ชุดปฏิบัติการและใบงานการทดลองได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้ 1. ศึกษาคำอธิบายรายวิชาดิจิตอลเทคนิค ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับใบงานการสร้าง 2. ออกแบบและสร้าง พร้อมไปกันกับแบบประเมินคุณภาพ 3. เสนอให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรง คุณวุฒิตรวจสอบหาข้อบกพร่องเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้เรียบร้อย 4. นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินคุณภาพ ผลการวิจัย พบว่า ชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีเควนเชี่ยนโดยใช้ CPLD ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพของชุดปฏิบัติการอยู่ในเกณฑ์ระดับดีซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.57 และคุณภาพของใบงานการทดลองอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.62 ดังนั้น ชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีเควนเชี่ยนโดยใช้ CPLD ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพตามสมมติฐานการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในดำเนินเพื่อหา คุณภาพ และประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ที่ปฏิบัติการสอนทางด้านวิชาดิจิตอล หรือทางด้านไมโครคอนโทลเลอร์จำนวน 15 ท่านโดยใช้ วิธีแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

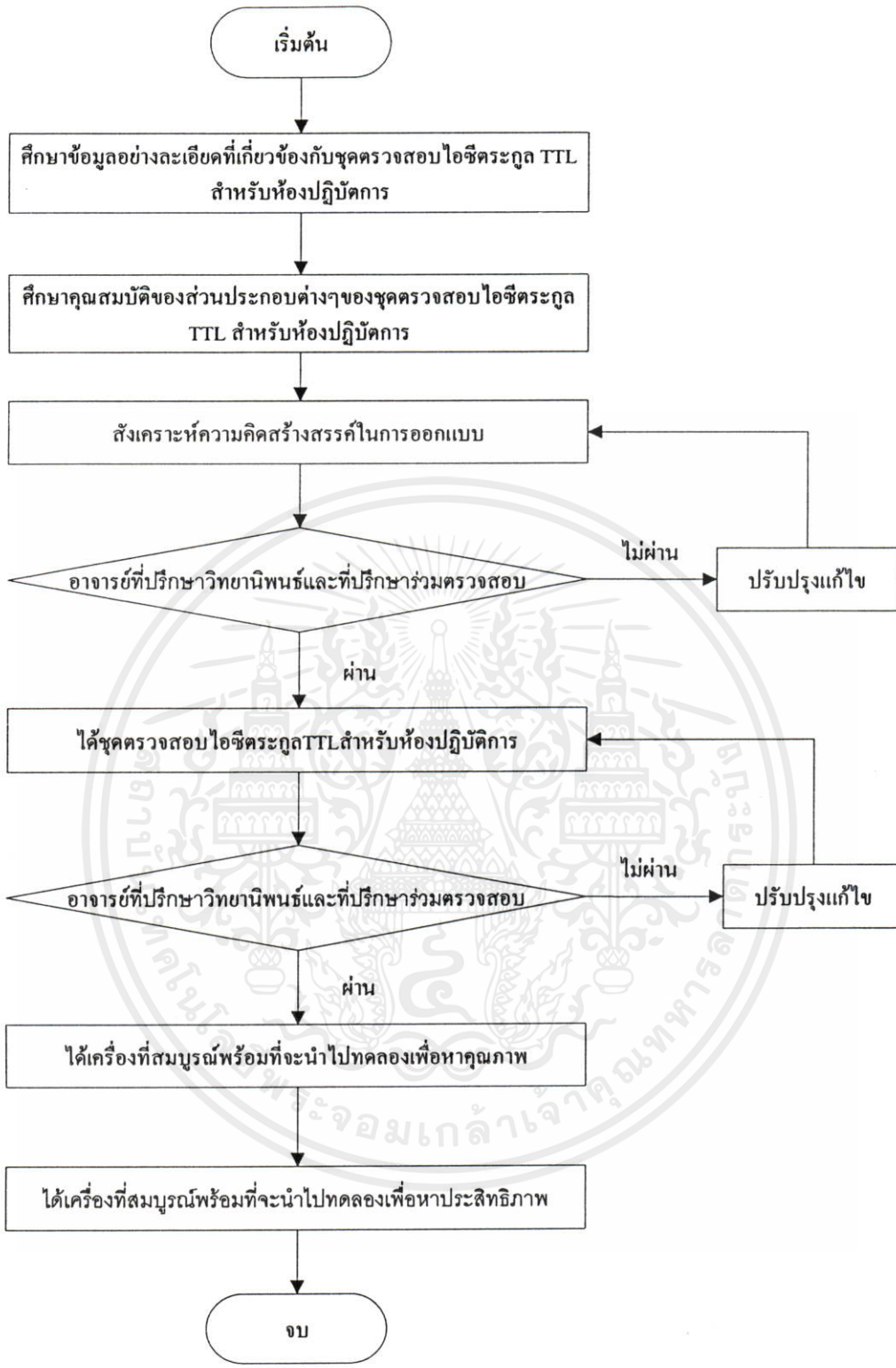
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ
2. แบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการใช้งานของ ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ
3. แบบประเมินประสิทธิภาพชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.2.2 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ที่ใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี ขั้นตอนดำเนินการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

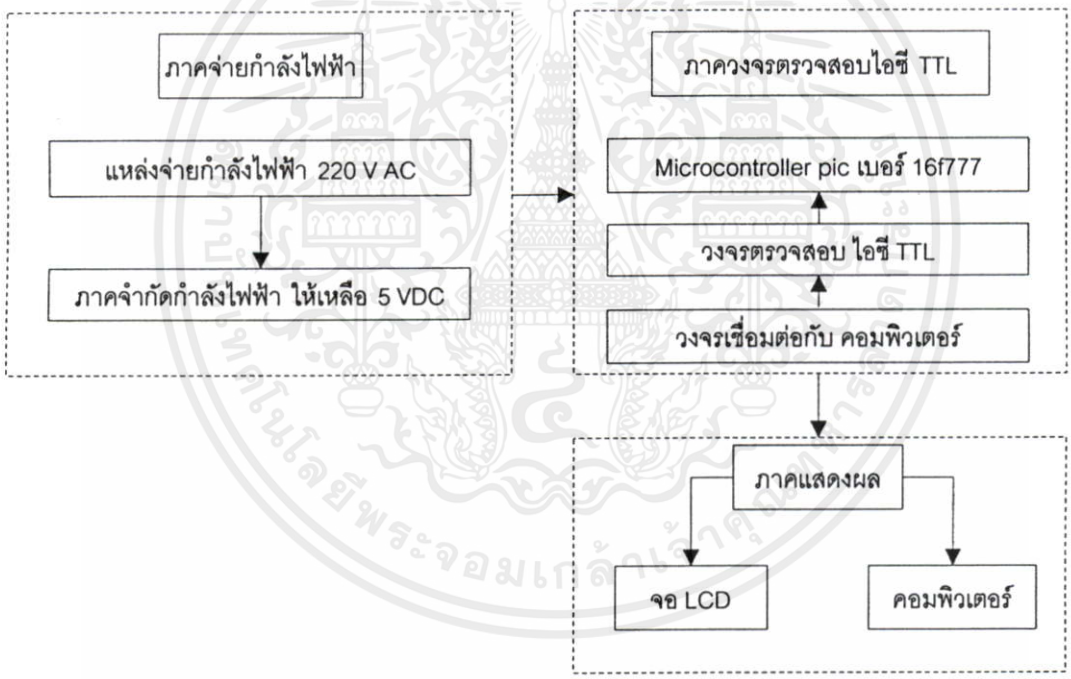
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังแสดงการทำงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ในชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการโดยเครื่องมือดังกล่าว จะแสดงรายละเอียดที่ได้ ออกทางจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ มีการประมวลผลข้อมูลโดยไมโครคอนโทรเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F777 ผลจากการประมวล จะแสดงคุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวกับ ไอซีตระกูล TTL ว่าดีหรือเสียระบุตำแหน่งการเสียที่ขานั้นๆ และแสดง Data sheet ออกทางคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

2. ศึกษาคุณสมบัติ และส่วนประกอบต่างๆ ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ เพื่อจัดหาวงจร วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม มาประกอบกันเพื่อสร้าง เป็นชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

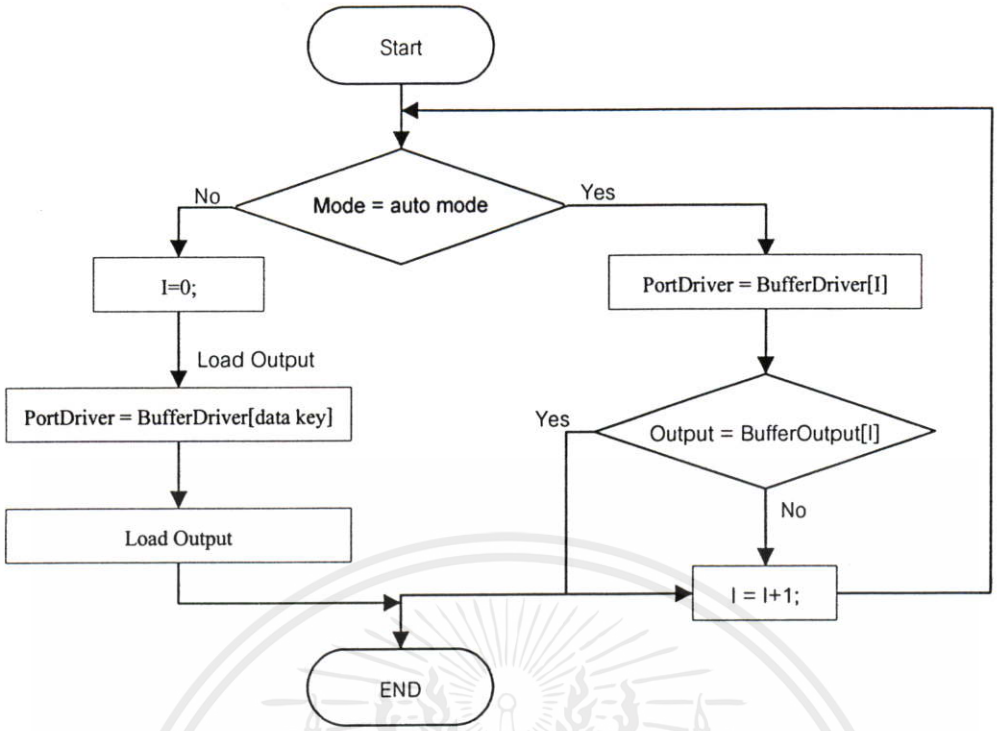
3. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ ในการออกแบบการทำงานของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการดังนี้



ภาพที่ 3.2 ผังการทำงานของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การทำงานของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจะใช้หน่วยประมวลผลกลาง PIC เบอร์ 16F777 ทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีหลักการทำงานที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

4. ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาร่วมตรวจสอบ ขั้นตอนของการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ถ้าไม่ผ่านก็ปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจะผ่าน เมื่อผ่านก็ดำเนินในขั้นตอนต่อไป

5. สร้างชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

6. ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาร่วมตรวจสอบ ขั้นตอนการสร้างชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

7. ได้ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ

8. ได้ชุดตรวจสอบไอซีตระกูลทีทีแอลสำหรับห้องปฏิบัติการที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปทดลองตรวจสอบไอซี TTL ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพ

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพโดย แบบประเมินคุณภาพ ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ในการดำเนินการจะให้ผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ตรวจและประเมิน แบบประเมินคุณภาพดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มการประเมินได้ 2 ด้าน ดังนี้

1. คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์

2. คุณภาพด้านการใช้งาน

3.2.4 แบบประเมินประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนดังนี้

แบบประเมินประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยแบบประเมินประสิทธิภาพที่ผู้วิจัยสร้างกำหนดขึ้นเอง และผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาร่วมตรวจสอบ เพื่อหาความถูกต้องของการตรวจสอบไอซีแต่ละเบอร์ ทดสอบการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ที่ดีและเสีย คละกันรวมจำนวน 100 ตัว เป็น ไอซีดีจำนวน 95 ตัว และเสียจำนวน 5 ตัว โดยทำสัญลักษณ์ไว้กับตัวที่เสียนั้นๆ และใช้เทปกาวแปะทั้งหมด เพื่อไม่ให้สามารถมองเห็นเบอร์ของไอซี TTL เบอร์นั้น จากการสุ่มหยิบขึ้นมาทดลอง ทีละหนึ่งโดยใช้ขั้นตอนทดสอบทีละฟังชั่นคือ 1) ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดย อัตโนมัติ ได้ถูกต้อง หมายความว่าให้ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้ต้องตรงกัน กับเบอร์ของ ไอซีที่นำมาทดสอบ เมื่อนำเทปกาวออก 2) ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง ไอซีตัวที่เสีย จะทำการทดสอบโดยต่อกับวงจรทดลองจริง และทำสัญญาลักษณ์ไว้ว่าไอซีเบอร์นั้นเสียจริงที่ขาใด และแน่ใจว่าเสียจริงเมื่อมีการทดสอบสุ่มหยิบ ขึ้นมาทดสอบถ้าพบตัวที่เสียก็จะทำการอ่านผลที่ได้จากการทดสอบว่าตรงกันหรือไม่และบันทึกผล 3) แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง หมายถึงการเมื่อเลือกเบอร์ไอซี TTL ตัวที่ต้องการดู Data sheet ของ ไอซีเบอร์นั้นๆ สามารถแสดงเบอร์ดังกล่าวได้ถูกต้องตรงกับเบอร์ ของ ไอซี TTL ที่ทำการเลือกในครั้งนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำเป็นขั้นตอนดังนี้

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อหาคุณภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.3.1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยด้วยการสร้าง ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจนเสร็จ และได้แก้ไขตาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และที่ปรึกษาร่วม ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ได้เครื่องมือ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคุณภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ ในการขอหนังสือถึงผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 ท่าน ดังรายชื่อแสดงในภาคผนวก ข เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยและเข้าชี้แจง

รายละเอียดต่างๆ กับผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง เพื่อขอความสมัครใจในการประเมินคุณภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทดลอง พร้อมแนบคู่มือการใช้งานและแบบประเมินคุณภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.32. เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 3.50 ขึ้นไป จึงได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ แล้วนำมาหาประสิทธิภาพโดยมีวิธีการดังนี้

การตรวจสอบไอซีแต่ละเบอร์ ทดสอบการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ที่ดีและเสีย คละกัน รวมจำนวน 100 ตัวเป็น ไอซีตัวที่ ดี จำนวน 95 ตัว และเสียจำนวน 5 ตัว โดยทำสัญลักษณ์ไว้กับตัวที่เสียนั้นๆ และใช้เทปกาวแปะทั้งหมด เพื่อไม่ให้สามารถมองเห็นเบอร์ของไอซี TTL เบอร์นั้น จากการสุ่มหยิบขึ้นมาทดลอง ทีละหนึ่งโดยใช้ขั้นตอนทดสอบทีละฟังชั่นคือ 1) ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดย อัตโนมัติ ได้ถูกต้อง หมายความว่าให้ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้ต้องตรงกัน กับเบอร์ของ ไอซีที่นำมาทดสอบ เมื่อนำเทปกาวออก 2) ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง ไอซีตัวที่เสียจะทำการทดสอบ โดยต่อกับวงจรทดลองจริง และทำสัญญาลักษณ์ไว้ว่าไอซีเบอร์นั้นเสียจริงที่ขาใด และแน่ใจว่าเสียจริง เมื่อมีการทดสอบสุ่มหยิบ ขึ้นมาทดสอบถ้าพบตัวที่เสียก็จะทำการอ่านผลที่ได้จากการทดสอบว่าตรงกันหรือไม่และบันทึกผล 3) แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง หมายถึงการเมื่อเลือกเบอร์ ไอซี TTL ตัวที่ต้องการดู Data sheet ของ ไอซีเบอร์นั้นๆ สามารถแสดงเบอร์ดังกล่าวได้ถูกต้อง ตรงกับเบอร์ ของ ไอซี TTL ที่ทำการเลือกในครั้งนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

เมื่อทำการทดลองจนครบตามหัวข้อ และผลที่ได้เป็นไปตามสมมติฐานไว้และได้ผลในการตรวจสอบในการตรวจสอบไอซี แต่ละตัวและแต่ละรายการตั้งแต่ ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 100 ผ่านทุกรายการ จึงถือได้ว่า ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการมีประสิทธิ์ภาพ 100 เปอร์เซ็นต์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพและจากแบบประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพ

การประเมิน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ มาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งกำหนดค่าคะแนน ออกเป็น 5 ระดับ ตามวิธีการของลิเลอร์ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 92) ได้ดังนี้

3.3.1 สถิติที่ใช้ในการกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูล เป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความหมาย
4.50 - 5.00	หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก
3.50 - 4.49	หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ดี
2.50 - 3.49	หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ พอใช้
1.00 - 1.49	หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดตรวจสอบไอซีตระกูลทีทีแอลสำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี คือต้องได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 3.50 ขึ้นไป ถ้าในรายการประเด็นใด ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไข จนผ่านเกณฑ์ประเมิน

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินประสิทธิภาพการทดลองตรวจสอบไอซีด้วย ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

โดยระดับความคิดเห็น ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นและผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์แล้วการประเมินประสิทธิภาพโดยการทดลองตรวจสอบไอซีด้วย ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการโดยการทดสอบ ไอซี TTL ทั้งหมด 100 ตัว

เกณฑ์การให้คะแนนความถูกต้องของการตรวจสอบไอซี คือ

1. ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบตัว ที่ ทำการสุ่มหยิบขึ้นมา 1 ตัว คือค้นหาเบอร์เองแบบอัตโนมัติ แล้วดึงเทปกาวออกเพื่อดูว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าตรงกันให้ผ่าน

2. ตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ต่อไปเพื่อ ให้แสดงผลว่า ดีหรือเสีย และเสียที่ ขา ใดบ้างถ้าแสดงข้อมูลตรงกันกับที่ บันทึกไว้ ให้ถือว่า ผ่านการตรวจสอบ ของไอซีตัวนั้น

3. แสดง Data sheet ของไอซีเบอร์ที่เราต้องการได้ถูกต้อง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของการประเมินประสิทธิภาพ ของผู้วิจัยประเมินชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้ได้ต้องมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์คือ 100 เปอร์เซ็นต์ นั่นหมายถึงต้องผ่านในทุกหัวข้อการทดลองถึงจะสรุปได้ว่า ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เกิดจากการรวมคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ประเมินคุณภาพชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการผู้วิจัยได้ใช้สูตรดังนี้

3.5.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

ค่าเฉลี่ย (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

$$\overline{X} = \frac{\Sigma x}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

Σx หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179) ใช้สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x หมายถึง ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

Σ หมายถึง ผลรวม

n หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาคุณภาพ และประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 ท่าน ประเมินคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านกานใช้งาน และนำไปทดสอบเพื่อ หาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 ท่าน และแบบประเมินการหาประสิทธิภาพ มาวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากแบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์และด้านการใช้งานของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ แบบประเมินการหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากแบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรม และด้านการใช้งานของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1. คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1.1) รูปร่าง มีความเหมาะสม	4.67	0.49	ดีมาก
1.2) ขนาดเครื่องมีความเหมาะสม	4.40	0.63	ดี
1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่าย	4.73	0.46	ดีมาก
1.4) ขนาดของจอแสดงผลมีความเหมาะสม	4.53	0.64	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

1. คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1.5) โครงสร้างของตัวเครื่องแข็งแรงทนทาน	4.27	0.80	ดี
1.6) ความเหมาะสมของขนาดปุ่มกด	4.27	0.70	ดี
1.7) สีของปุ่มกดมีความเหมาะสม	4.33	0.62	ดี
1.8) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของปุ่มกด	4.20	0.56	ดี
1.9) ความแข็งแรงของปุ่มกด	4.33	0.72	ดี
1.10) ความเหมาะสมในการแสดงผลการตรวจสอบออกทางจอ LCD	4.47	0.64	ดี
1.11) ความเหมาะสมของการแสดงผลของสถานะของแต่ละขาของไอซี TTL ทางหลอด LED	4.53	0.74	ดีมาก
1.12) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลทางจอ LCD	4.47	0.64	ดี
1.13) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลของหลอด LED	4.47	0.74	ดี
1.14) ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งของ TEX TOOL	4.47	0.83	ดี
1.15) ความเหมาสมของการวางตำแหน่งของดิ๊บสวิตช์	4.40	0.91	ดี
1.16) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสาย USB PORT	4.40	0.91	ดี
1.17) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสายไฟ 6 -12 VDC	4.53	0.64	ดีมาก
1.18) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของสวิตช์ ปิด เปิด	4.60	0.63	ดีมาก
1.19) การเดินสายไฟภายในเครื่องเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม	4.20	0.68	ดี
1.20) การเดินสายสัญญาณภายในเครื่องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม	4.13	0.74	ดี
1.21) การบัดกรีวงจรบัดกรีได้อย่างสวยงาม	4.13	0.83	ดี
1.22) การออกแบบลายวงจรมีความเหมาะสม	4.27	0.88	ดี
1.23) ขนาดสายไฟในการต่อภายในมีความเหมาะสม	4.27	0.88	ดี
1.24) ความเหมาะสมในการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์	4.60	0.63	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.4	0.71	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพทาง ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นในข้อที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นข้อ 1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่ายได้คะแนนเฉลี่ย 4.73 ถือว่าอยู่ในระดับความคิดเห็นดีมาก นั่นหมายถึงการออกแบบที่มีการวางแผนของผู้วิจัยในการนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีขนาดพอดีกับการจับยึดไม่ใหญ่จนเกินไป และมีขนาดเหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปใช้งาน จึงทำให้ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL มีรูปร่างที่เหมาะสมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.46 ซึ่งจัดว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าความเบี่ยงเบนน้อยและหมายความว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันนั่นเองส่วนข้ออื่นๆก็จัดอยู่ในระดับ ดี ในข้อที่ได้คะแนนน้อยที่สุดเป็นข้อ 1.20) การเดินสายสัญญาณภายในเครื่องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม และข้อ 1.21) การบัดกรีวงจรบัดกรีได้อย่างสวยงามได้คะแนนเฉลี่ย 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.74 และ 0.83 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ค มี 7 หัวข้อที่ได้รับการประเมินในระดับ ดีมาก และ ดี มี 17 หัวข้อ

การวิเคราะห์จาก แบบประเมินคุณภาพด้านด้านการใช้งาน ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านใช้งาน ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2. คุณภาพด้านการใช้งาน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
2.1) วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.47	0.64	ดี
2.2) สะดวกในการกดปุ่มเพื่อใช้งาน	4.60	0.83	ดีมาก
2.3) ความสะดวกในการมองผลที่แสดงได้อย่างชัดเจน	4.60	0.63	ดีมาก
2.4) ความสะดวกในการดู Data sheet	4.53	0.83	ดีมาก
2.5) ความสะดวกในการต่อสายไฟ 6 -12 Vdc	4.53	0.64	ดีมาก
2.6) ความสะดวกในการต่อสาย USB PORT	4.60	0.63	ดีมาก
2.7) ความสะดวกในการใส่และถอด ไอซี TTL	4.60	0.74	ดีมาก
2.8) วัสดุที่ใช้มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าดูด	4.60	0.74	ดีมาก
2.9) ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.60	0.91	ดีมาก
2.10) ความสะดวกในการจับยึด	4.53	0.92	ดีมาก
2.11) การแสดงผลรวดเร็ว	4.47	0.92	ดี
2.12) ง่ายต่อการบำรุงรักษา	4.47	0.64	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.55	0.76	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน ของผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นในข้อที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นข้อ 2.2) สะดวกในการกดปุ่มเพื่อใช้งานได้คะแนนเฉลี่ย 4.60 ถือว่าอยู่ในระดับความคิดเห็น ดีมาก นั่นหมายถึง ผู้วิจัยได้นำวัสดุอุปกรณ์ที่มีขนาดพอดีกับการกดพอดีกับนิ้วหัวแม่มือพอดีไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไปจนทำให้การกดปุ่มย้ายลำบากและมีขนาดเหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปใช้งานจึงทำให้ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL มีรูปร่างที่เหมาะสมค่า

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.46 ซึ่งจัดว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าความเบี่ยงเบนน้อย และหมายความว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน ส่วนข้ออื่นๆ ก็จัดอยู่ในระดับ ดีดังข้อ 2.1) วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.64 ข้อ 2.11) การแสดงผลรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.92 และข้อ 2.12) ง่ายต่อการบำรุงรักษา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.64 ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค มี 9 หัวข้อที่ได้รับการประเมินในระดับดีมากและ มี 3 หัวข้อ อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินคุณภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านวิศวกรรมศาสตร์	4.4	0.71	ดี
2. ด้านการใช้งาน	4.55	0.76	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.45	0.72	ดี

จากตารางที่ 4.3 สรุปผลการประเมินคุณภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการได้ว่า ผลการประเมินคุณภาพผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพทั้งสองด้านคือด้านวิศวกรรมศาสตร์ และการใช้งาน ผลการประเมินคุณภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ซึ่งอยู่ในระดับดี เป็นไปตาม สมมุติฐานที่กำหนดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 ถือว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสอดคล้องกันทั้งหมด 15 ท่าน ซึ่งจัดว่าชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการได้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ แบบประเมินการหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินการหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การประเมินหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ เป็นไอซี TTL สภาพดี และเสียคละกันรวม 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์ เป็น ไอซีดี 95 และเสีย 5 ตัว

ตัวที่	ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดย อัตโนมัติ ได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และ ระบุตำแหน่ง ของขาที่เสียได้ ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซี ได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
1-100	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

จากตารางที่ 4.4 ผลจากการประเมินประสิทธิภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ พบว่าชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ทดสอบการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ตัวที่ดีและตัวที่เสีย คละกันรวมจำนวน 100 ตัวเป็น ไอซีดีจำนวน 95 ตัว และเสียจำนวน 5 ตัว โดยทำสัญลักษณ์ไว้กับตัวที่เสียนั้นๆ และใช้เทปกาวแปะทั้งหมด เพื่อไม่ให้สามารถมองเห็นเบอร์ของไอซี TTL เบอร์นั้น จากการสุ่มหยิบขึ้นมาทดลอง ทีละหนึ่งโดยใช้ขั้นตอนทดสอบทีละฟังชั่นคือ 1) ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดย อัตโนมัติ ได้ถูกต้อง หมายความว่าให้ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้ต้องตรงกัน กับเบอร์ของ ไอซีที่นำมาทดสอบ เมื่อนำเทปกาวออก 2) ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ และ 3) แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง หมายถึงเมื่อเลือกเบอร์ ไอซี TTL ตัวที่ต้องการดู Data sheet ของ ไอซีเบอร์นั้นๆ สามารถแสดงเบอร์ดังกล่าวได้ถูกต้อง ตรงกับเบอร์ ของ ไอซี TTL ที่ทำการเลือกในครั้งนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

5.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.6 สรุปผลการวิจัย

5.7 การอภิปรายผลการวิจัย

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อหาคุณภาพชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน
3. เพื่อหาประสิทธิภาพชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

1. คุณภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ที่วัดได้จากแบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจัดอยู่ในระดับดี (≥ 3.50) ขึ้นไป
2. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการจะมีประสิทธิภาพจากการทดลองใช้งานตรวจสอบกลุ่มตัวอย่าง ไอซีได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ที่ปฏิบัติการสอนทางด้านวิชาดิจิตอล หรือทางด้านไมโครคอนโทลเลอร์จำนวน 15 ท่านโดยใช้ วิธีแบบเจาะจง

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยประกอบด้วย

1. ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

2. แบบประเมินคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการใช้งานของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

3. แบบประเมินประสิทธิภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อหาคุณภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนการเก็บรวบรวม ข้อมูลดังนี้

1. ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการขอหนังสือถึงประชากรคือผู้เชี่ยวชาญจำนวน 15 ท่าน ดังแสดงรายชื่อในภาคผนวก ข เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย และเข้าชี้แจงรายละเอียดต่างๆ กับผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

2. นำแบบประเมินคุณภาพ และชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการไปเก็บข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญและนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

3. ทดสอบการตรวจสอบไอซีตระกูล TTL ที่ดีและเสีย คละกันรวมจำนวน 100 ตัวเป็นไอซีตัวที่ ดี จำนวน 95 ตัว และเสียจำนวน 5 ตัว โดยทำสัญลักษณ์ ไว้กับตัวที่เสียนั้นๆ และใช้เทปกาวแปะทั้งหมด เพื่อไม่ให้สามารถมองเห็นเบอร์ของไอซี TTL เบอร์นั้น จากการสุ่มหยิบขึ้นมาทดลอง ทีละหนึ่งโดยใช้ขั้นตอนทดสอบทีละฟังชั่นคือ 1) ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดย อัตโนมัติ ได้ถูกต้อง หมายความว่าให้ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้ต้องตรงกัน กับเบอร์ของ ไอซีที่นำมาทดสอบ เมื่อนำเทปกาวออก 2) ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง ไอซีตัวที่เสีย จะทำการทดสอบโดยต่อกับวงจรทดลองจริง และทำสัญญาลักษณ์ไว้ว่าไอซีเบอร์นั้นเสียจริงที่ขาใด และแน่ใจว่าเสียจริง เมื่อมีการทดสอบสุ่มหยิบ ขึ้นมาทดสอบถ้าพบตัวที่เสียก็จะทำการอ่านผลที่ได้จากการทดสอบ

ว่าตรงกันหรือไม่และบันทึกผล 3) แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง หมายถึงการเมื่อเลือกเบอร์ไอซี TTL ตัวที่ต้องการดู Data sheet ของ ไอซีเบอร์นั้นๆ สามารถแสดงเบอร์ดังกล่าวได้ถูกต้องตรงกับเบอร์ ของ ไอซี TTL ที่ทำการเลือกในครั้งนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง นำผลที่ได้ไปประเมินหาประสิทธิภาพ

5.6 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ คือ การวิจัยมุ่งเน้นในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือขึ้นคือ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปประกอบการทดลองในวิชาเรียนเพื่อให้มั่นใจได้ว่า ไอซีตัวที่จะทำการทดลองดังกล่าวไม่เสีย และสามารถดูข้อมูลของไอซีตัวนั้นๆ ได้สะดวกและรวดเร็วทางคอมพิวเตอร์ได้ และไม่สับสนผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวมีการหาคุณภาพ โดยการประเมินคุณภาพ ของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ที่ปฏิบัติการสอนทางด้านดิจิตอล หรือด้านไมโครคอนโทรเลอร์จำนวน 15 ท่านประเมินด้าน วิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน ผลที่ได้ คือได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี และได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 ซึ่งความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน และผลการประเมินหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ เป็นกลุ่มตัวอย่าง ไอซี ไอซี TTL สภาพดี 95 ตัวและเสียจำนวน 5 ตัวคละกันจำนวน 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์ ผ่านทั้งหมดจึงกล่าวได้ว่า ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ มีประสิทธิภาพ จากการทดลองใช้งานตรวจสอบ ไอซี TTL ได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

5.7 การอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ เป็นการสร้างเครื่องมือเพื่อนำไปใช้สำหรับห้องปฏิบัติการอภิปรายผลการวิจัยในแต่ละด้านดังนี้

ด้านวิศวกรรมศาสตร์ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ ในข้อที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นข้อ1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่ายได้คะแนนเฉลี่ย 4.73 ถือว่าอยู่ในระดับเกณฑ์ ดีมาก (ภาคภนวก ค.1) นั่นหมายถึง การออกแบบที่มีการวางแผนของผู้วิจัยในการนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีขนาดพอดีกับการจับยึดไม่ใหญ่จนเกินไปจนทำให้เคลื่อนย้ายลำบากและมีขนาดเหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปใช้งานจึงทำให้ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL มีรูปร่างที่เหมาะสมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.46 ซึ่งใกล้ศูนย์นั่นหมายถึงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันไปในทางเดียวกันจะเห็นว่าผลการประเมินมีความสอดคล้องไปถึง ข้อที่ 1.1) รูปร่างมีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 4.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมากเช่นกัน นั้นหมายถึงเมื่อ

รูปร่างมีความเหมาะสมแล้วนั้นก็สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายด้วยนั่นเอง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 0.49 ซึ่งใกล้ศูนย์เช่นกัน (ภาคผนวก ค.1) นั่นหมายถึงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นที่สอดคล้องกันไปในทางเดียวกันซึ่งผลการประเมินจึงถือได้ว่าเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการหาคุณภาพของชุดปฏิบัติการหรือชุดทดสอบจะมีสมมุติฐานคล้ายๆ กัน ว่าหากชุดปฏิบัติการหรือชุดทดลองที่ทำการตรวจสอบมีค่าเฉลี่ยของคุณภาพมากกว่า 3.5 ขึ้นไป ให้ถือว่าเป็นชิ้นงานที่ดี และสามารถนำไปใช้ได้ เช่น งานวิจัยของสุรพงษ์ สิริพงศ์ดี (2546 : บทคัดย่อ) ได้ค่าเฉลี่ยของคุณภาพ 4.49 จาก 5 และงานวิจัยของ อนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์ (2548: บทคัดย่อ) ได้ค่าเฉลี่ยของคุณภาพ 4.47 ทั้งสองงานวิจัยนี้มีข้อสรุปตรงกันคือ ชิ้นงานทั้งสองเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของคุณภาพมากกว่า 3.5 ดังนั้น ชุดทดสอบชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการในงานวิจัยครั้งนี้ จึงจัดว่าเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพเช่นกัน เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของคุณภาพ เท่ากับ 4.45

ด้านการใช้งานข้อที่ได้คะแนนสูงที่สุดคือ 4.60 เป็นข้อที่ 2.2) เป็นเรื่อง ความ สะดวกในการใช้งานของปุ่มกด (ภาคผนวก ค.1) ปุ่มกดที่ใช้เลือกตัวเลขเบอร์ของไอซีที่ต้องการตรวจสอบซึ่งเป็นความต้องการของผู้วิจัยที่ต้องการให้การกดปุ่มเป็นไปอย่างสะดวก จึงนำปุ่มกดที่มีขนาดใหญ่พอดีกับการใช้นิ้วกด ในข้อที่ได้คะแนนเท่ากันข้อต่อมาคือความสะดวกในการมองเห็นผลที่แสดงได้อย่างชัดเจน เป็นอีกข้อที่ผู้วิจัยเลือกใช้จอแสดงผลเป็น LCD ซึ่งมีขนาดใหญ่ข้อต่อมาความสะดวกในการต่อสาย USB PORT ได้คะแนนจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับข้อ 2.2) และข้อ 2.7) ความสะดวกในการใส่และถอด ไอซี TTL ในเครื่องมือชิ้นนี้ได้ใช้ ช่องใส่ ไอซี TTL ที่เรียกว่า TEX TOOL มาใช้งานจึงทำให้ง่ายต่อการใส่และถอด ไอซี TTL ในข้อที่ 2.8) วัสดุที่ใช้มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าดูด ได้คะแนนมากเช่นกัน คืออยู่ในระดับดีมากได้คะแนน 4.60 เท่ากับข้อ 2.2) ผู้วิจัยได้นำวัสดุ ที่เป็นพลาสติกเพื่อ เป็นฉนวนกั้นดังนั้นเรื่องไฟฟ้าดูดจึงมีความปลอดภัยสูง รวมถึงแรงดันที่ใช้มีขนาด 5-12 VDC ไม่สามารถทำอันตรายแก่ผู้ใช้งาน ส่วนในหัวข้อรองลงมาเป็นข้อที่ 2.10) ความสะดวกในการจับยึด 2.4) ความสะดวกในการดู Data sheet และ 2.5) ความสะดวกในการต่อสายไฟ 6 -12 VDC ได้คะแนนเท่ากันคือ 4.53 อยู่ในเกณฑ์ดีมากและลำดับข้อที่รองลงมาคือ 2.1) วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน 2.11) การแสดงผลรวดเร็วและข้อที่ 2.12) ง่ายต่อการบำรุงรักษาซึ่งได้คะแนนเฉลี่ย 4.47 อยู่ในเกณฑ์ ดี มีความสอดคล้องกับข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญท่านหนึ่งกล่าวว่า “สะดวกต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา เหมาะสมต่อการนำไปใช้ตรวจสอบไอซี TTL ที่ใช้ในการเรียนการสอน ภาคปฏิบัติในวิชาดิจิตอล เพราะง่ายต่อการตรวจสอบว่าดีหรือเสียและนักศึกษาจะได้นำ ไอซี TTL ไปทดลองตามการทดลองโดยไม่สับสนว่าไอซีเสียหรือผลการทดลองผิดพลาด” ในหัวข้อที่ 1.1) รูปร่าง มีความเหมาะสม มีคะแนน เฉลี่ย เท่ากับ 4.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก รองลงมาข้อที่ 1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่ายมีคะแนน เฉลี่ย เท่ากับ 4.6 และข้อที่ 1.24) ความเหมาะสมในการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์มีคะแนน เฉลี่ย เท่ากับ 4.53 อยู่ในระดับ ดีมาก และข้อด้อยของเครื่องคือข้อ1.20) การเดินสายสัญญาณภายในเครื่องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม มีคะแนน

เฉลี่ย เท่ากับ 4.07 และข้อที่1.21) การบัดกรีวงจรบัดกรีได้อย่างสวยงาม มีคะแนน เฉลี่ย เท่ากับ 4.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี

ประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้ ผู้วิจัยทำการ ทดสอบการตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL ที่ดี และเสีย คละกันรวมจำนวน 100 ตัวเป็น ไอซีดีจำนวน 95 ตัว และเสียจำนวน 5 ตัว โดยทำสัญลักษณ์ไว้กับตัวที่เสียนั้นๆ และใช้เทปกาวแปะทั้งหมด เพื่อไม่ให้สามารถมองเห็นเบอร์ของไอซี TTL เบอร์นั้น จากการสุ่มหยิบขึ้นมาทดลอง ทีละหนึ่งโดยใช้ขั้นตอนทดสอบทีละฟังชั่นคือ 1) ค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ได้ถูกต้อง หมายความว่าให้ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการค้นหาเบอร์ ไอซี TTL โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้ต้องตรงกัน กับเบอร์ของ ไอซีที่นำมาทดสอบ เมื่อนำเทปกาวออก 2) ตรวจสอบว่าดี หรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง ไอซีตัวที่เสียจะทำการทดสอบ โดยต่อกับวงจรทดลองจริง และทำสัญญาลักษณ์ไว้ว่าไอซีเบอร์นั้นเสียจริงที่ขาใด และแน่ใจว่าเสียจริง เมื่อมีการทดสอบสุ่มหยิบ ขึ้นมาทดสอบถ้าพบตัวที่เสียก็จะทำการอ่านผลที่ได้จากการทดสอบว่าตรงกันหรือไม่และบันทึกผล 3) แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง หมายถึง เมื่อเลือกเบอร์ ไอซี TTL ตัวที่ต้องการดู Data sheet ของ ไอซีเบอร์นั้นๆ สามารถแสดงเบอร์ดังกล่าวได้ถูกต้อง ตรงกับเบอร์ ของ ไอซี TTL ที่ทำการเลือกในครั้งนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัย ผลการทดลองที่ได้มีประสิทธิภาพ นั้นก็เพราะมีการคิดวางแผนที่ดี การออกแบบวงจร และการออกแบบโปรแกรมเป็นไปอย่างมีระบบแบบแผน และได้ผลออกมาแม่ยำเพราะการวางแผนในการเขียนโปรแกรม อุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบวงจรเองการประกอบที่ดีนั้นมีผลกับการทำงานของ ชุดตรวจสอบไอซี TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ การบัดกรีที่ดีแน่นสีเงาเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ลายวงจร และขาของอุปกรณ์ยึดติดกันอย่างแน่นหนาทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถเดินทางได้อย่างไม่ติดขัดรวมถึงขนาดสายไฟที่ใช้ต้องมีขนาดใหญ่พอที่กระแสจะไหลอย่าสบายไม่เกิดการสูญเสียจนเกินไปและการใช้อุปกรณ์ที่ดีก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งในการทำให้สายไฟฟ้าภายในเครื่องยึดติดกันแน่นทำให้การทำงานของวงจร เป็นไปอย่างราบเลื่อน จากเหตุผลดังกล่าว เรื่องของรายละเอียดที่เกิดขึ้นทุกขั้นตอนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ ชุดตรวจสอบ ไอซี TTL สำหรับห้องปฏิบัติการมีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.8.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มสมรรถนะความสามารถของนักเรียนให้เต็มตามศักยภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่นักเรียนนักศึกษา

2. ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองในการปฏิบัติ การวงจรดิจิตอลจะได้ไม่ต้องกังวลว่าผลการทดลองจะผิดพลาดจากการเสียของไอซีดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้เป็นเครื่องมือที่สามารเพิ่มองค์ความรู้ให้กับนักศึกษาเกี่ยวกับไอซีดิจิตอล ตระกูล TTL ได้ชัดเจน และ รวดเร็วกว่าเดิมได้

4. ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและพัฒนาต่อให้ดีกว่าเดิมเพื่อเป็นประโยชน์กับห้องปฏิบัตการต่อไป

5.8.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. การวิจัย ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบกับไอซี TTL ได้จำนวนเบอร์มากขึ้น

2. การวิจัย ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ให้สามารถใช้ไฟเลี้ยง จากแบตเตอรี่ และจาก USB PORT

3. การวิจัย ชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ให้สามารถบันทึกรายการตรวจสอบ และพิมพ์ออกมาเป็นเอกสารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เดชฤทธิ์ มณีธรรม และสำเริง เต็มราม. 2548. **คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51**.กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

ชวลิต สุวรรณคีร, ณรงค์ศักดิ์ แซ่แต้, นิทัศน์ ธรรมสุวรรณและศิริมา เกิดทอง. 2541. **ชุดทดลองดิจิตอลควบคุมและแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล. 2538. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51**.กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟเอ็กเบอริเมนต์.

ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. 2542. **อิเล็กทรอนิกส์ดิจิตอล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2536. **ภาษาแอสเซมบลี สำหรับ MCS – 51**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

นภัทร วัจนเทพินทร์. 2541. **วงจรดิจิตอล 2 (ลอจิกเชิงลำดับ)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

น.อ.ธวัชชัย เลื่อนฉวี และอนุรักษ์ เถื่อนศิริ. 2537. **ดิจิตอลเทคนิค**. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธ์. **เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย**. กรุงเทพฯ : ศรีอนันต์.

ปกรณ์ ชุณหสวัสดิกุล. 2539. **ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบแสดงหาข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุม**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประคอง กรรณสูตร. 2539. **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสงค์ สืบชาติ. 2545. **ออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิพัฒน์ เลาหสงคราม. 2537. พื้นฐานวิศวกรรมไมโครโปรเซสเซอร์.กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพัฒน์ เลาหสงคราม. 2539. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพัฒน์ พูลเกษม. 2544. **เครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิสมัย สุภัทรานนท์. 2545. **ออปแอมป์และริเนียร์ไอซี**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไพศาล ศรีพุทธาและอลงกฎ พลเยี่ยม. 2541. **เครื่องตรวจสอบไอซีทีทีแอล.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยงยุทธ วิฑูธีรศานต์. 2541. **ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์เพื่อการเขียนกราฟลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2541. อัดสำเนา.

ยืน ภู่วรวรรณ. 2546. **ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ 1.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **การทำวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : บริษัท ที.พี. พริ้นท์ จำกัด.

วริทธ์ อึ่งภรณ์และชาญ ถนัดงาน. 2546. **การออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, เอช.เอ็น.กรุ๊ป.

วิฑูรย์ อิ่มสมุทร. 2539. **ศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบวัดความสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของการวัดทางไฟฟ้าและเครื่องซีพี.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี. 2546. **วิจัยเรื่องการออกแบบวงจรชุดปฏิบัติการบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์. 2548. **การพัฒนาชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีเควนเชียลโดยใช้ CPLD**.กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บริษัทโกลบอลโทรนิคอินเตอร์เทรดจำกัด. " TTL+LOGIC+PROBE" [Online]. Available : http://th.farnell.com/jsp/Test+Equipment/Logic/RYLEY/TTL+LOGIC+PROBE/displayProduct.jsp?sku=103012.2007.

ADMIN "Data sheets (in PDF format) for low-power Schottky TTL devices can be downloaded here. ... modules and functions and the TTL devices which" [Online]. Available http://www.AllDataSheet.com .2007.

ADMIN "electronic ttl" [Online]. Available http://www.cs.wustl.edu/cs/cs/archive/CS260_SP99/ttl.html. 2007

ADMIN "TTL Data Sheets" [Online]. Available : http://www.winzy.com/word/TTL%20Data%20Sheets .2007.

Eanic readarticle"readarticle" [Online]. Available : http://www.eanic.com/readarticle.php?article_id=116.2007.

Electronic soured. "IC PIC 16F777" [Online]. Available : http://www.es.co.th//index.htm. 2007.

Ic_tester. "electronics ic_tester" [Online]. Available :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.geocities.com/dsaproject/electronics/ic_tester/ic_tester.html.2007.

inquiry "Desktop Digital IC Tester" [Online]. Available

http://www.icdshop.net/basket.asp?proid=ICT-6C&submit=Detail&pg=1&select1=8&Lang=2.

2007.

Texas Instruments Incorporated "IC Chip Data Sheets" [Online]. Available

http://focus.ti.com/docs/logic/logichomepage.jhtml. 1996.

THE PARALLEL VERSION IC-TESTER ELECTRONIC SOURED. "IC PIC 16F777"

[Online]. Available :

http://www.geocities.com/dsaproject/electronics/ic_tester/ic_tester.html. 2007.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างหนังสือราชการที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 4813

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ ธันวาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์เทอดศักดิ์ เจริญนวรัตน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายอนุพันธุ์ เลิศประพันธ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.พรพิมล ฉายรัศมี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL เพื่อการวิจัยของ นายอนุพันธุ์ เลิศประพันธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1. อาจารย์เทอดศักดิ์ เจริญนวรัตน์	ครูคศ.2 หัวหน้าแผนกวิชาช่างเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
2. อาจารย์สำเร็จ ผ้าผิวดี	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี
3. อาจารย์สิริวิทย์ รื่นรมย์	ครูคศ.2 อาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
4. อาจารย์ทิฐินันท์ ทุมมา	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครนายก
5. อาจารย์ภัคพนธ์ จันทโชติ	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อีเทค)
6. อาจารย์สมคิด สิงสิน	ครูคศ.2 แผนกวิชาช่างเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
7. อาจารย์ทองสุก ยอดมณี	ครูคศ.2 แผนกวิชาช่างเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
8. อาจารย์วัยวัฒน์ เพลัมพิทักษ์	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อีเทค)
9. อาจารย์วารินทร์ ทองเตี้ย	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครนายก
10. อาจารย์ประกอบ เจริญศิลป์	ครูคศ.2 อาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
11. ว่าที่ร้อยตรีเกษตร อ๊อกเวชะ	หัวหน้าแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครนายก
12. อาจารย์จิตติมา น่วมนิ่ม	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี
13. อาจารย์ฉัตรแก้ว เพชรณสังกุล	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนครนายก
14. อาจารย์บุญฌม เดชหามาตย์	แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี
15. อาจารย์บรรพต จันทร์แดง	ครูคศ.2 อาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีการอ้างอิงถึงให้ถูกต้องตามแหล่งที่มา และต้องขออนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนนำไปใช้งาน

ภาคผนวก ค

การประเมินคุณภาพ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น															$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1. คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์																		
1.1) รูปร่าง มีความเหมาะสม	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4.67	0.49	ดีมาก
1.2) ขนาดเครื่องมีความเหมาะสม	5	5	5	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	4.40	0.63	ดี
1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่าย	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4.73	0.46	ดีมาก
1.4) ขนาดของจอแสดงผลมีความเหมาะสม	5	5	5	4	4	5	4	4	3	5	5	4	5	5	5	4.53	0.64	ดีมาก
1.5) โครงสร้างของตัวเครื่องแข็งแรงทนทาน	5	5	4	3	3	5	4	4	3	4	5	4	5	5	5	4.27	0.80	ดี
1.6) ความเหมาะสมของขนาดปุ่มกด	5	5	4	4	4	5	4	3	3	4	5	4	5	5	4	4.27	0.70	ดี
1.7) สีของปุ่มกดมีความเหมาะสม	5	5	5	4	3	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4.33	0.62	ดี
1.8) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของปุ่มกด	5	5	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	5	4.20	0.56	ดี
1.9) ความแข็งแรงของปุ่มกด	5	5	4	4	3	4	4	3	4	5	5	4	5	5	5	4.33	0.72	ดี
1.10) ความเหมาะสมในการแสดงผลการตรวจสอบออกทางจอ LCD	5	5	4	4	4	5	3	4	4	5	5	4	5	5	5	4.47	0.64	ดี
1.11) ความเหมาะสมของการแสดงผลของสถานะของแต่ละขาของไอซี TTL ทางหลอด LED	5	5	5	4	3	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	4.53	0.74	ดีมาก
1.12) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลทางจอ LCD	5	5	5	4	4	5	3	4	4	5	5	4	4	5	5	4.47	0.64	ดี
1.13) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลของหลอด LED	5	5	4	4	4	5	3	3	4	5	5	5	5	5	5	4.47	0.74	ดี
1.14) ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งของTEX TOOL	5	5	5	4	3	5	3	3	4	5	5	5	5	5	5	4.47	0.83	ดี
1.15) ความเหมาสมของการวางตำแหน่งของดิ๊บสวิตช์	5	5	5	4	4	4	2	3	5	4	5	5	5	5	5	4.40	0.91	ดี
1.16) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสาย USB PORT	5	5	5	3	4	5	2	4	5	4	5	4	5	5	5	4.40	0.91	ดี
1.17) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสายไฟ 6 -12 VDC	5	5	5	4	4	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4.53	0.64	ดีมาก
1.18) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของสวิตช์ ปิด เปิด	5	5	5	4	4	5	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4.60	0.63	ดีมาก
1.19) การเดินสายไฟภายในเครื่องเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม	5	5	5	4	3	4	3	4	5	4	5	4	4	4	4	4.20	0.68	ดี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงต้นฉบับเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น															$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1.20) การเดินสายสัญญาณภายในเครื่องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม	5	5	5	4	3	4	3	3	5	4	5	4	4	4	4	4.13	0.74	ดี
1.21) การบัดกรีวงจรบัดกรีได้อย่างสวยงาม	5	5	5	4	4	5	2	3	4	4	5	4	4	4	4	4.13	0.83	ดี
1.22) การออกแบบลายวงจรมีความเหมาะสม	5	5	5	4	4	5	2	3	4	4	5	4	4	5	5	4.27	0.88	ดี
1.23) ขนาดสายไฟในการต่อภายในมีความเหมาะสม	5	5	5	4	4	5	2	3	4	4	5	4	5	4	5	4.27	0.88	ดี
1.24) ความเหมาะสมในการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์	5	5	5	4	4	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	4.60	0.63	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม																4.4	0.71	ดี

ตารางที่ ค.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพ ด้านการใช้งาน ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น															$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
2. คุณภาพด้านการใช้งาน																		
2.1) วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	5	5	5	4	4	4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	4.47	0.64	ดี
2.2) สะดวกในการกดปุ่มเพื่อใช้งาน	5	5	5	4	5	5	2	4	5	5	5	5	5	4	5	4.60	0.83	ดีมาก
2.3) ความสะดวกในการมองผลที่แสดงได้อย่างชัดเจน	5	5	5	4	5	5	3	4	4	5	5	4	5	5	5	4.60	0.63	ดีมาก
2.4) ความสะดวกในการดู DATA SHEET	5	5	5	4	4	5	2	4	5	5	5	4	5	5	5	4.53	0.83	ดีมาก
2.5) ความสะดวกในการต่อสายไฟ 6 -12 VDC	5	5	4	4	4	5	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4.53	0.64	ดีมาก
2.6) ความสะดวกในการต่อสาย USB PORT	5	5	5	4	4	5	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4.60	0.63	ดีมาก
2.7) ความสะดวกในการใส่และถอดไอซี TTL	5	5	5	4	4	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	4.60	0.74	ดีมาก
2.8) วัสดุที่ใช้มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าดูด	5	5	5	4	5	4	3	3	5	5	5	5	5	5	5	4.60	0.74	ดีมาก
2.9) ความปลอดภัยในการใช้งาน	5	5	5	4	5	5	2	3	5	5	5	5	5	5	5	4.60	0.91	ดีมาก
2.10) ความสะดวกในการจับยึด	5	5	5	5	5	5	2	3	5	5	5	5	5	4	4	4.53	0.92	ดีมาก
2.11) การแสดงผลรวดเร็ว	5	5	5	4	4	5	2	3	5	5	5	4	5	5	5	4.47	0.92	ดี
2.12) ง่ายต่อการบำรุงรักษา	5	5	4	4	4	5	3	4	4	5	5	5	5	4	5	4.47	0.64	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม																4.55	0.76	ดีมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุปจากตารางที่ ค.1 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ และตารางที่ ค.2 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งานรวมค่าเฉลี่ยทั้งสองด้านคือด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านการใช้งานมีค่า S.D. เฉลี่ยเท่ากับ 0.72 มีค่าไม่ถึง หนึ่งซึ่งถือว่าใช้ได้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันมาก และค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ รวมทั้งสองด้านเท่ากับ 4.45 อยู่ในเกณฑ์ดีจากข้อมูลดังกล่าวตรงไปตามสมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้นั่นหมายความว่า

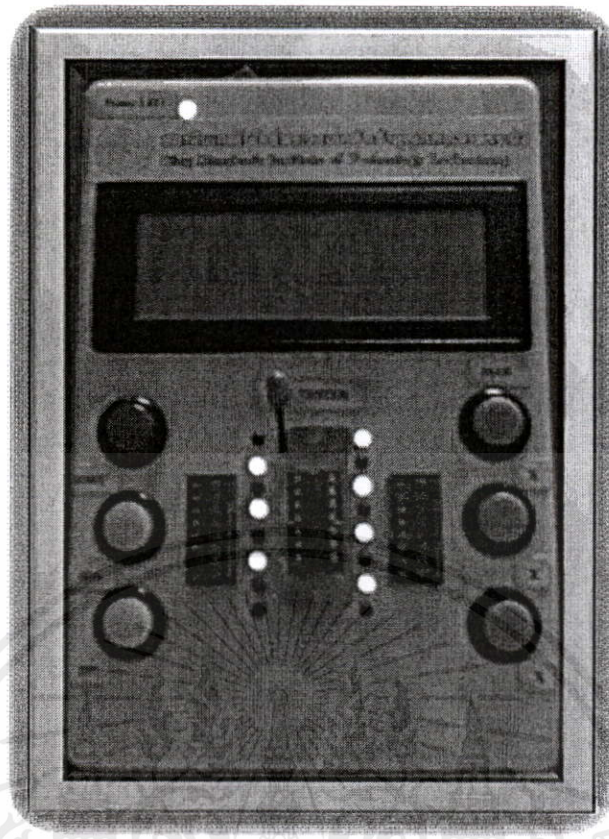
ผลการประเมินคุณภาพทางด้านวิศวกรรมและด้านการใช้งานมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานไม่ถึง 1.00 ซึ่งพอสรุปได้ว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันมีความคิดเห็นไปในทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

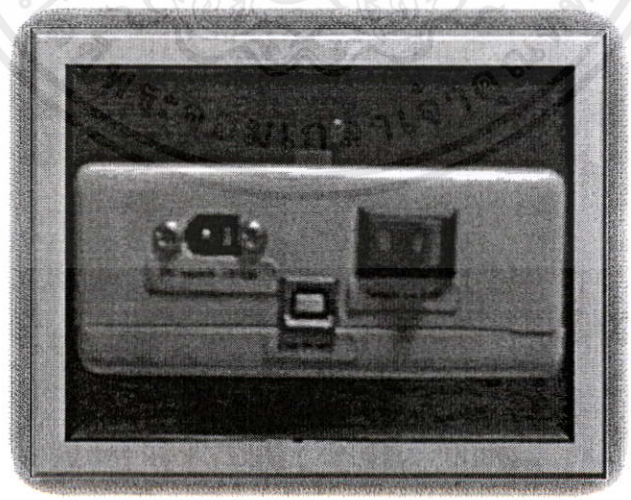
ภาคผนวก ง

แสดงรูปด้านหน้า และด้านข้าง ของชุดตรวจสอบไอซี ตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.1 ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ (ด้านบน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้

ภาพที่ ง.2 ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ (ด้านข้าง)

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการประเมินหาประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 การประเมินหาประสิทธิภาพของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการเป็นไอซี TTL สภาพดี 95 ตัว และเสีย 5 ตัวคละกันรวม 100 ตัว จำนวน 60 เบอร์

ตัวที่	ค้นหาเบอร์ไอซี TTL โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดีหรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
1	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
2	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
3	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
4	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
5	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
6	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
7	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
8	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
9	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
10	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
11	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
12	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
13	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
14	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
15	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
16	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
17	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
18	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
19	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
20	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
21	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
22	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ตัวที่	ค้นหาเบอร์ไอซี TTL โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดีหรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
23	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
24	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
25	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
26	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
27	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
28	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
29	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
30	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
31	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
32	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
33	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
34	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
35	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
36	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
37	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
38	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
39	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
40	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
41	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
42	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
43	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
44	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
45	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ตัวที่	ค้นหาเบอร์ไอซี TTL โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดีหรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
46	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
47	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
48	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
49	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
50	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
51	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
52	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
53	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
54	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
55	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
56	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
57	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
58	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
59	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
60	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
61	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
62	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
63	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
64	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
65	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
66	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
67	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
68	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ตัวที่	ค้นหาเบอร์ไอซี TTL โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดีหรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
69	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
70	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
71	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
72	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
73	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
74	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
75	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
76	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
77	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
78	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
79	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
80	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
81	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
82	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
83	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
84	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
85	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
86	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
87	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
88	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
89	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
90	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
91	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
92	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

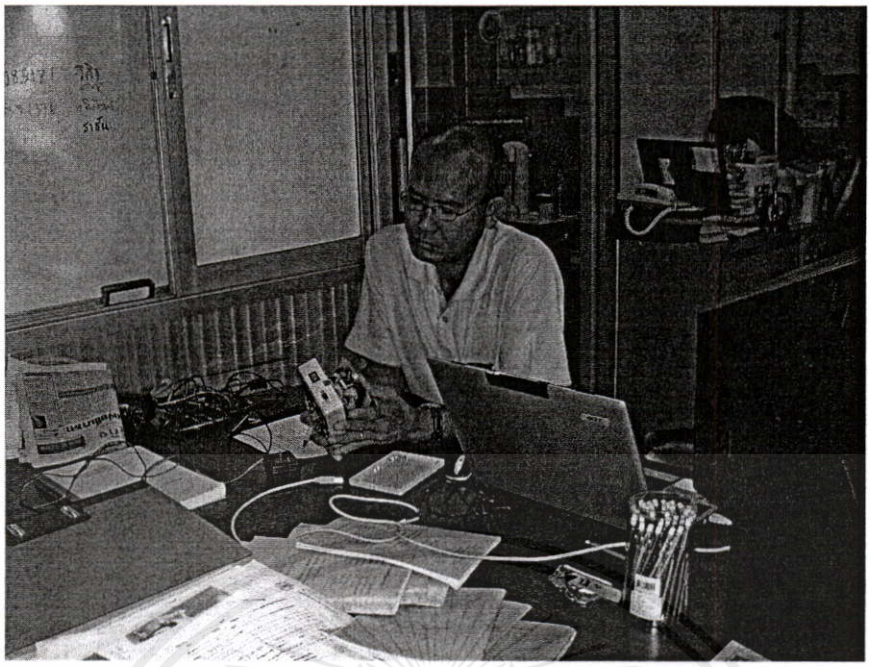
ตัวที่	ค้นหาเบอร์ไอซี TTL โดยอัตโนมัติได้ถูกต้อง	ตรวจสอบว่าดีหรือเสีย และระบุตำแหน่งของขาที่เสียได้ถูกต้อง	แสดง Data sheet ของไอซีได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	ผล
93	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
94	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
95	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
96	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
97	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
98	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
99	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน
100	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	100	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

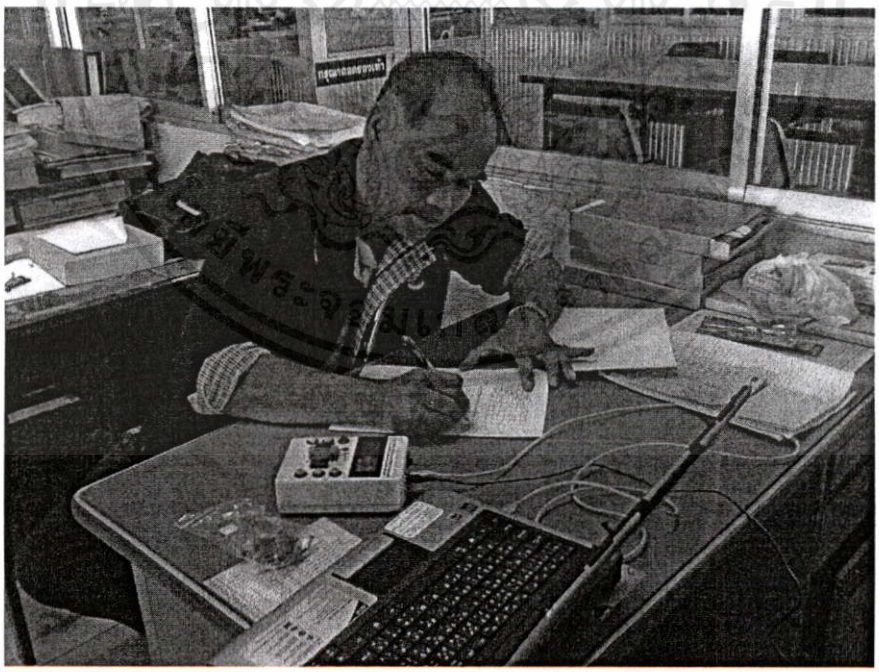
ภาคผนวก ฉ

ภาพบรรยากาศที่ไปเก็บข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.1 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ ฉ.2 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

แบบประเมินคุณภาพด้าน วิศวกรรมศาสตร์ ด้านการใช้งาน ของชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการใช้งาน ของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

คำอธิบาย

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน แต่ละรายการ โดยมีเกณฑ์ระดับคะแนนดังนี้

คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพในระดับดีมาก

คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพในระดับดี

คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพในระดับปานกลาง

คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพในระดับพอใช้

คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพในระดับควรต้องปรับปรุง

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. คุณภาพด้านวิศวกรรมศาสตร์					
1.1) รูปร่าง มีความเหมาะสม					
1.2) ขนาดเครื่องมีความเหมาะสม					
1.3) เคลื่อนย้ายได้ง่าย					
1.4) ขนาดของจอแสดงผลมีความเหมาะสม					
1.5) โครงสร้างของตัวเครื่องแข็งแรงทนทาน					
1.6) ความเหมาะสมของขนาดปุ่มกด					
1.7) สีของปุ่มกดมีความเหมาะสม					
1.8) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของปุ่มกด					
1.9) ความแข็งแรงของปุ่มกด					
1.10) ความเหมาะสมในการแสดงผลการตรวจสอบออกทางจอ LCD					
1.11) ความเหมาะสมของการแสดงผลของสถานะของแต่ละขา ของไอซี TTL ทางหลอด LED					
1.12) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลทางจอ LCD					

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1.13) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการแสดงผลของหลอด LED					
1.14) ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งของTEX TOOL					
1.15) ความเหมาสมของการวางตำแหน่งของดิ๊บสวิตช์					
1.16) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสาย USB PORT					
1.17) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งการต่อสายไฟ 6 -12 VDC					
1.18) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของสวิตช์ปิด เปิด					
1.19) การเดินสายไฟภายในเครื่องเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม					
1.20) การเดินสายสัญญาณภายในเครื่องมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยสวยงาม					
1.21) การบัดกรีวงจรบัดกรีได้อย่างสวยงาม					
1.22) การออกแบบลายวงจรมีความเหมาะสม					
1.23) ขนาดสายไฟในการต่อภายในมีความเหมาะสม					
1.24) ความเหมาะสมในการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์					
2.คุณภาพด้านการใช้งาน					
2.1) วิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน					
2.2) สะดวกในการกดปุ่มเพื่อใช้งาน					
2.3) ความสะดวกในการมองผลที่แสดงได้อย่างชัดเจน					
2.4) ความสะดวกในการดู DATA SHEET					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2.5) ความสะดวกในการต่อสายไฟ 6 -12 VDC					
2.6) ความสะดวกในการต่อสาย USB PORT					
2.7) ความสะดวกในการใส่และถอด ไอซี TTL					
2.8) วัสดุที่ใช้มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าดูด					
2.9) ความปลอดภัยในการใช้งาน					
2.10) ความสะดวกในการจับยึด					
2.11) การแสดงผลรวดเร็ว					
2.12) ง่ายต่อการบำรุงรักษา					

ความคิดเห็น

.....

.....

.....

.....

ขอเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... (ผู้ประเมิน)

(.....)

...../...../.....

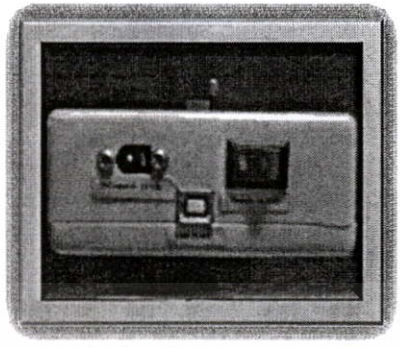
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

คู่มือการใช้งานของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสายไฟและสาย USB PORT ดังตำแหน่งต่อไปนี้



ภาพที่ ซ.1 ด้านข้างชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTLสำหรับห้องปฏิบัติการ

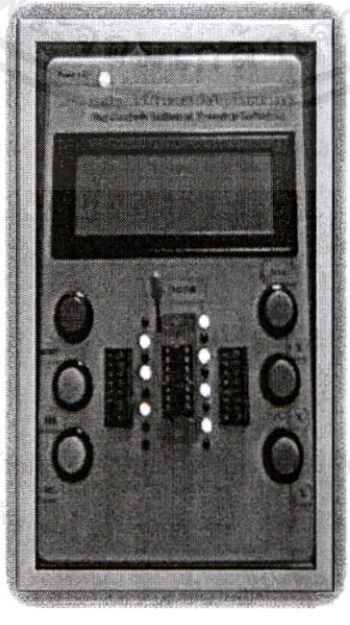
1.สำหรับต่อสายไฟ DC 6 – 12 VDC

2.ถ้าต้องการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ให้ต่อสาย USB PORT

3. เมื่อต่อสายไฟเสร็จแล้วกดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง on ไฟสถานะ Power LED จะติดสว่าง แสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งาน

4. ใส่ ไอซี TTL ลงใน TEXOOL ดังรูปแล้วโยกคันโยกไปด้านหน้าเพื่อ ยึด ไอซี T TL

5. ต้องการตรวจว่าไอซีดีหรือเสียมีขั้นตอนดังนี้



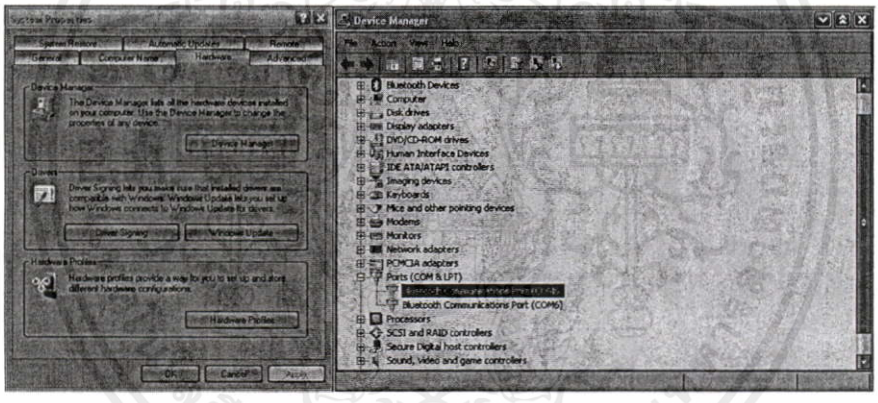
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ ... ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ ... ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ซ.2 ด้านหน้าชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

5.1 ถ้ารู้ว่าไอซีที่นำมาตรวจสอบให้ใส่เบอร์โดยการกดปุ่มสีเขียวทางด้านขวาซึ่งแต่ละปุ่มจะแทนตำแหน่งของตัวเลข สาม หลักของเบอร์ไอซีที่นำมาตรวจสอบเช่น 74LS 0 0 4 จะต้องกดปุ่ม 74LS X X X ตามตำแหน่งดังกล่าวซึ่งการกดปุ่มหนึ่งครั้งตัวเลขจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ จนได้ตัวเลขที่ต้องการหรือถ้ากดเกินก็กดซ้ำตัวเลขก็จะวนไปเรื่อยๆจาก 0 – 9

5.2 ถ้าไม่รู้เบอร์ไอซีที่นำมาตรวจสอบให้กดปุ่ม M/A จะขึ้นสถานะที่จอ LCD ว่า Auto Mode แล้วกดปุ่ม S/C เครื่องจะแสดงเบอร์ที่เป็นไปได้ และวงจรภายในที่เหมือนกันและเบอร์แทนที่มีอยู่ใน ฐานข้อมูลที่มีทั้งหมด ให้เลือกเบอร์ใด เบอร์หนึ่ง แล้วกด S/C ให้ใส่ตัวเลขของเบอร์ไอซี แล้วกด S/C เครื่อง จะแสดงสถานะของไอซีเบอร์นั้นว่าดีหรือเสีย เช่นถ้าดีจะแสดง ข้อความดังนี้ Product Good ถ้าไอซีนั้นเสียจะแสดงข้อความว่า **Product Ng** หรือถ้าเริ่มการทำงานใหม่อีกครั้งให้กดปุ่ม RESET

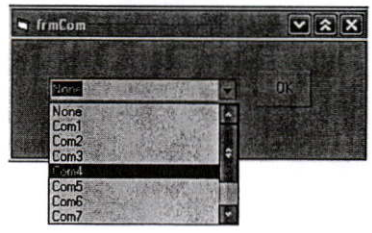
ถ้าต้องการติดต่อกับคอมพิวเตอร์



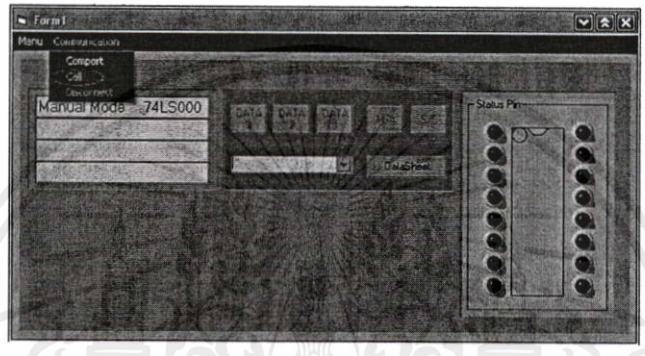
ภาพที่ ซ.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ของชุดตรวจสอบไอซีตระกูล TTLสำหรับห้องปฏิบัติการ

ให้คลิกขวาที่ My computer แล้วเลือก Properties แล้วเลือก Device Manager แล้วคลิกที่ Ports (COM&LPT) จะเห็นตัวเลข (com X) ดังกล่าวแล้วจำค่าดังกล่าวมาคลิดเลือกที่โปรแกรมเพื่อติดต่อกับชุดตรวจสอบไอซี TTL แล้วกด Call ดังรูปด้านล่างก็สามารถใช้งานตามข้อ 1- ข้อ 5 ถ้าต้องการดู Data Sheet ก็เลือกเบอร์ที่ต้องการแล้วกดปุ่ม Data Sheet Data Sheet ก็จะแสดงขึ้นมาดังแสดงดังภาพที่ ซ.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ซ.4 การเลือกช่องทางการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTLสำหรับห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ ซ.5 การเลือก เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ของ ชุดตรวจสอบ ไอซีตระกูล TTL สำหรับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายอนุพันธุ์ เลิศประพันธ์

วัน เดือน ปีเกิด 29 กรกฎาคม พ.ศ.2523

ภูมิลำเนา สิงห์บุรี

ที่อยู่ปัจจุบัน 56 หมู่ที่ 10 ตำบลโพชนไก่ อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี 16130

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2546 – 2547 อาจารย์ (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง ตำบลบ้านบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 24000

พ.ศ.2549 – ปัจจุบัน บริษัท คริสตัลวิว วินโดว์แอนด์ดอร์ จำกัด 1 ซอยสถิตยุทธการ 4 ถนนติวานนท์ ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้