การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

ปริญญานิพนธ์

ของ

พิพัฒน์ อินทร์มณี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2551

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

ปริญญานิพนธ์

ของ

พิพัฒน์ อินทร์มณี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

บทคัดย่อ

โดย

พิพัฒน์ อินทร์มณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2551

พิพัฒน์ อินทร์มณี. (2551). การออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ไพรัช วงศ์ยุทธไกร , ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL แล้วทำการประเมินหาสมรรถนะด้านวิศวกรรม และลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ซึ่งเครื่องที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตัวเครื่อง และส่วนฐานข้อมูลบันทึกข้อมูลโดยไมโครคอมพิวเตอร์โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL จากสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้คือ เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งในการออกแบบวงจรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 K bytes มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต จำนวน 4 พอร์ต ใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลให้กับตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบโดยมีอุปกรณ์ตัวกลางคือ Zip Socket เป็นตัวส่งผ่านข้อมูล แล้วแสดงผลที่ Lcd ในการออกแบบนี้สามารถตรวจสอบไอซี ตั้งแต่ 14 - 24 ขา ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์

2. ผลที่ได้จากการทดสอบหาประสิทธิภาพและสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีสมรรถนะด้านต่าง ๆ 4 ด้านอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สามารถทำการป้อนเบอร์ไอซีที่ต้องการทดสอบก่อนแล้วตรวจสอบว่าไอซี ดีหรือเสียได้อย่างถูกต้องร้อยละร้อย

2.2 สามารถตรวจสอบได้โดยอัตโนมัติ เครื่องจะ แสดงผลการตรวจสอบของไอซี ชนิด TTL แต่ละเบอร์โดยแสดงผลออกทางจอ LCD ได้อย่างถูกต้องร้อยละร้อย

3. สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 สมรรถนะด้านวิศวกรรมโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 6 ข้อ คือ มีคุณค่าทางวิศวกรรมเป็นนวัตกรรมใหม่ มีการใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี โดย ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสมโดยคุณค่าทางวิศวกรรม มีผลการประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75

3.2 สมรรถนะด้านการใช้งานจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือ เครื่องตรวจสอบมีขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการตรวจสอบ

เหมาะสมมีความสะดวกในการใช้งานโดยมีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88

3.3 สมรรถนะด้านกายภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือเครื่องตรวจสอบมีความแข็งแรงของโครงสร้างดีมาก การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ตัวเครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสม ซึ่งเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม และมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร ผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.84

3.4 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 4 ข้อ คืออุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย มีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก และคาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาต่อได้ผลการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรัษาอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05

DESIGN AND CONSTRUCTION OF TRANSISTER TRANSISTER LOGIC (TTL) INTEGRATED CIRCUIT (IC) TESTING DEVICE.

AN ABSTRACT

BY

PIPAT INMANEE

Presented in partial fulfillment of the requirements for the

Master of Education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

April 2008

Pipat Inmanee. (2008). Design and Construction of Transistors Transistor Logic Integrated Circuit Testing Device. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr.Pairust Vongyuttakrai Asst.Prof.Dr.Threrapon Thephasadin Na Aguthay.

The objectives of this research were to Design and Construction of transistor transistor logic (TTL) integrated circuit (IC) testing device. The I.C, tester divided in to two parts, first is the Hardware and second is the microcomputer.

1. Design and construction of TTL in objectives TTL tester was a good perform which used Microcontroller Mcs-51 No. AT89V51RD2 memory program type flash memory 64 Kbytes with 4 port of input and output by used the Zip Socket delivery data to LCD with this design can test IC from 14-24 lane, DC supply 12 volt.
2. The experimented of tester in good performance efficiency and good physical performance
   2.1 It can be competency on I.C. testing was able to test Pass or Fail I.C. correctly one hundred percent.
   2.2 The competency on knowledge of number on body IC Correctly show number of IC in automatically on LCD on hundred percent.
3. The Characteristic of I.C. tester was evaluated in four areas by ten experts. The result of Characteristic were .
   3.1 The result of engineering by ten experts shown good performance is good level in the average of 3.75
   3.2 The result of used by ten experts shown performance is good level in the average of 3.88
   3.3 The result of this research areas by ten experts show that the design and construction is good physical performance is good level in the average of 3.84
   3.4 The result of maintenance areas by ten experts shown performance is good level in the average of 4.05

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิดทีทีแอล

ของ

พิพัฒน์ อินทร์มณี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

.....กรรมการ
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความกรุณาของอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสหดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุม อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์ ดร.โอภาส สุขหวาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่เสียสละเวลาพร้อมทั้งให้คำแนะนำ แก้ไข ดูแลให้กำลังใจ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจ กำลังทรัพย์ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

พิพัฒน์ อินทร์มณี

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า 3

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า 3

ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

สมมุติฐานการศึกษาค้นคว้า 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยว 6

อุปกรณ์และวงจรดิจิตอล 6

แอนด์เกท 7

ออร์เกท 8

นอร์เกท 9

แนนด์เกท 10

น็อตเกท 11

เอกซ์คูลซีปออร์เกท 12

เอกซ์คูลซีปนอร์เกท 13

บัปเฟอร์ 14

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจรรวม 14

รูปร่างภายนอกและขาของไอซี 14

ชนิดของไอซี 16

ไอซีชนิด TTL 19

Standard TTL 21

Low – Power TTL 22

High - Speed TTL 22

Schottky TTL 23

Low Power Schottky TTL 23

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

2 (ต่อ)

Advanced Schotty TTL 25

Advanced Low-Power Schotty TTL 25

Fast TTL 27

การตรวจสอบไอซี TTL 27

หน้าที่ของขาอินพุทและเอาต์พุท 28

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 33

โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 36

การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต 40

การทำงานของแสต็กในไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

อุปกรณ์แสดงผล 42

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL 45

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดเครื่องตรวจสอบไอซี 45

วงจรควบคุมการทำงานรีเลย์ 45

ชุดแสดงผล 47

ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 48

ประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 50

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51

3 วิธีดำเนินการวิจัย 54

ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 56

ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 56

กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 59

กำหนดระยะเวลา และสถานที่ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ... 61

สร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ทีทีแอล ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ 61

ทดสอบการใช้งานปรับปรุงและแก้ไขการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 62

การประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 62

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

3 (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูล 64

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 66

การประเมินสมรรถนะและลักษณะทางกายภาพ..... 66

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี 66

ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านวิศวกรรรม .. 70

ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านการใช้งาน ... 71

ผลการประเมินด้านสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านกายภาพ .. 72

ผลการประเมินด้านสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี ทางด้านการบำรุงรักษา.. 73

5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ 75

ความมุ่งหมายของการวิจัย 75

ความสำคัญของการวิจัย 75

สมมุติฐานในการวิจัย 75

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า 75

สรุปผลของการวิจัย 76

อภิปรายผล 77

ข้อเสนอแนะ 79

ข้อเสนอแนะครั้งต่อไป 80

บรรณานุกรม 81

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL 85

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 91

ภาคผนวก ค หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ 102

ประวัติผู้วิจัย 103

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์ 33

2 แสดงพอร์ต P3 และการทำงานแต่ละบิต 35

3 แสดงหน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบแฟลช 37

4 การบันทึกผลการทดลอง ของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL กรณีทราบเบอร์บนตัวถัง .. 67

5 การบันทึกผลการทดลอง ของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL กรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถัง.. 68

6 แสดงค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 69

7 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านวิศวกรรมของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL .. 70

8 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 71

9 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 72

10 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL .. 73

11 แสดงผลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 74

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 แสดงลักษณะของไอซี 6
2 แสดงแอนด์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ 7
3 แสดงออนร์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ 8
4 แสดงนอร์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ 9
5 แสดงแนนด์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ 10
6 แสดงน็อตเกทในคุณลักษณะต่าง ๆ 11
7 แสดงเกทแบบเอกซ์คูลซีปออร์ในคุณลักษณะต่างๆ 12
8 แสดงเกทแบบเอกซ์คูลซีปนอร์ในคุณลักษณะต่างๆ 13
9 แสดงบัปเฟอร์ในคุณลักษณะต่างๆ 14
10 แสดงของไอซีที่มีตัวถังแบบต่าง ๆ 15
11 แสดงการนับขาไอซี 16
12 แสดงวงจรภายในของออปแอมป์ในไอซี 17
13 แสดงสัญญลักษณ์ของไอซีออปแอมป์ 18
14 แสดงค่าระดับแรงดันลอจิก 19
15 แสดงตระกูลไอซีดิจิตอล 20
16 แสดงคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้า 20
17 แสดงโครงสร้างภายในของ Standard TTL 21
18 แสดงโครงสร้างของTTL Gate ประเภท Low – Power (L) และ High – Speed (H) 23
19 แสดงโครงสร้าง TTL Gate ประเภท Schottky และ Low Power Schottky 24
20 แสดงโครงสร้าง TTL ประเภท ALS และ AS 26
21 แสดงภาพโพรบลอจิก 27
22 แสดงวงจรรวมของ National Semiconductor Corporation (Tokheim :1990) 28
23 แสดงระดับสัญญาณของ TTL และ CMOS 29
24 แสดงวงจรดิจิตอลตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์และการตรวจสอบวงจร(Tokheim :1990) ... 30
25 แสดงแผนภาพการจัดเกตภายในและการต่อจุดสัญญาณมายังขาภายนอก 31
26 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 32
27 แสดงการจัดขาของ 8051 33

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

28 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 37

29 แสดงวงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 39

30 แสดงกระบวนการเก็บและเรียกข้อมูลภายในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ 41

31 แสดงการทำงานของ LCD 43

32 แสดงการขับ LCD ด้วยรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 44

33 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 45

34 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์ 46

35 แสดงวงจรชุดแสดงผลผลึกเหลว 47

36 แสดงวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ 48

37 แสดงโครงสร้างภายของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 49

38 แสดงขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 55

39 แสดงบล๊อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 56

40 แสดงโฟชาตร์แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL 58

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจัยในการดำรงชีวิตของมนุษย์ที่สำคัญต้องการความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต ต้องการเครื่องใช้ในการทุ่นแรง การพักผ่อนหย่อนใจ สิ่งเอื้ออำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่ทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. 2538: 9) เราได้พัฒนาและก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการผลิตสินค้าได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่หยุดยั้ง ปัจจุบันเราสามารถผลิตสินค้าเกือบทุกชนิดที่มีคุณภาพสูงออกสู่ตลาดโลก สภาพของอุตสาหกรรมที่ต้องการต่อสู้แข่งขันกันในท้องตลาดทั้งด้านคุณภาพและราคาสินค้า (วิฑูรย์ สิมะโชคดีและวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. 2542 : 13) สิ่งสำคัญที่ช่วยให้เกิดสภาพการณ์ของโลกไร้พรมแดนทางภูมิศาสตร์ ก็คือความเจริญอย่างรวดเร็วทางอิเล็กทรอนิกส์ ประเทศไทยแม้เป็นประเทศเกษตรกรรมดั้งเดิมมาก่อน แต่ได้มีการพัฒนาประเทศ เพื่อเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ โดยมีการส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง (อานุภาพ สุนอนันต์. 2537 : 13) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกวันนี้ ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่ามีขนาดเล็กลงมากจากยุคแรก ๆ ที่ใช้หลอดสุญญากาศจนมาถึงยุคทรานซิสเตอร์ก็จะเห็นว่ามีขนาดเล็กลงมาก (เจน สงสมพันธุ์. 2531 : 239) ประวัติศาสตร์ของอิเล็กทรอนิกส์เริ่มต้นขึ้นเมื่อ โธมัส เอดิสัน (Thomas Edison) ค้นพบว่า ประจุไฟฟ้าสามารถผ่านสุญญากาศได้ในปี ค.ศ. 1833 (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. 2538: 9) ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) ชนิดหนึ่งซึ่งค้นพบโดย จอหน์ บาร์ดีน และวอลเตอร์ เฮท. แบรทเทน (Jon Bradeen and Walter H. Braltain) ในปี ค.ศ. 1947 (Boylested and Nashelsky.1992 :108) ไอซีนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่รวดเร็วที่สุดสาขาหนึ่ง วงจรไอซีนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถทำหน้าที่ได้เกือบทุกอย่าง ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยการใช้แทนทรานซิสเตอร์ในภาคขยายสัญญาณเสียง ของเครื่องรับโทรทัศน์ และใช้ในภาคขยายกำลังของเครื่องขยายเสียง ซึ่ง ส่วนใหญ่เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิด จะใช้ไอซีในการประกอบวงจรซึ่งใช้ชิพ ไม่กี่ตัว (กฤษดา วิศวจีรานนท์. 2536 :11) ซึ่งถ้าแบ่งแยกไอซี ออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ เราพอที่จะแยกไอซี ออกได้เป็น 2 พวกคือ พวกของดิจิตอลไอซี (Digital Integrated Circuit :IC) และ อานาล็อกไอซี หรือ ลิเนียร์ไอซี (Linear Integrated Circuit :IC) ดิจิตอลไอซี นั้นส่วนใหญ่จะมีการทำงานอยู่ในสภาวะเป็นสวิทช์คือ ปิด (off) กับเปิด (on) ลักษณะเช่นนี้จึงถูกนำไปใช้งานในวงจรทางด้านแสดงผลเป็นตัวเลข เช่นนาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น ไอซี ในกลุ่มนี้ยังแยกแยะออกไปได้อีกมากมายหลายตระกูล ในแต่ละตระกูลจะอาศัยพื้นฐานการทำงานเหมือนกัน

แต่แตกต่างกันด้วยเทคโนโลยีการผลิต หรือการสร้างตัวไอซี (เจน สงสมพันธุ์. 2531 : 239) ส่วนไอซีอีกประเภทคือ ลิเนียร์ ไอซี มักนำไปใช้กับวงจรขยายสัญญาณวงจรควบคุมวงจรสื่อสารและใช้ในเครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป

ไอซี เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะคุณสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกันได้มาก และเรากำหนดหรือทราบว่าไอซี ตัวใดเป็นวงจรที่ทำหน้าอย่างไรได้โดยดูจากเบอร์ที่เขียนไว้บนตัวไอซี นั้น ดังนั้นไอซี จึงมีได้มากมายหลายร้อยหลายพันเบอร์ โดยแต่ละตัวจะประกอบด้วยวงจรพื้นฐานอย่างง่าย ๆ ไปจนถึงวงจรที่ยุ่งยากซับซ้อนกันมากขึ้น ในปัจจุบันเราสามารถสร้างไอซีให้มีคุณสมบัติหรือการทำงานของวงจรที่ซับซ้อนกันมากโดยอาจจะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ มากกว่า 5,000 ตัวในวงจรเพียงวงจรเดียว อุปกรณ์ที่เป็นผลผลิตจากการพัฒนาสารกึ่งตัวนำ โดยเฉพาะวงจรรวม ไอซี เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานมีอย่างมากจึงจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติเฉพาะของไอซี และเมื่อต้องการทราบคุณสมบัติดังกล่าวก็ใช้วิธีการเปิด ดาต้าบุค (Data Book) ซึ่งเป็นคู่มือในการค้นหาซึ่ง ไอซี มีมากมายหลายเบอร์อย่างมากทำให้ล่าช้าในการเปิดหาคุณสมบัติของไอซี และถ้ากรณีเลขรหัสบนตัวถังของไอซี ลบเลือนไปจะทำให้ไม่สามารถทราบได้เลยว่าไอซี ตัวนั้นเบอร์อะไร จะทำให้ไม่สามารถเปิดดาต้าบุค ได้ และถึงแม้ทราบเบอร์บนตัวถังของไอซี ก็ไม่สามารถทราบได้ทันทีว่าไอซี ตัวนั้นดีหรือเสีย วิธีการตรวจสอบว่าไอซี ตัวนั้นดีหรือเสียก็ต้องนำเอามาวัดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการวัดนั้นต้องทำการวัดทีละขาแต่เนื่องจากไอซี นั้นมีจำนวนขามากซึ่งไอซี บางตัวมีถึง 40 ขาจึงทำให้การตรวจสอบนั้นกระทำได้อย่างล่าช้าโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากในประเทศไทยใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศโดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง (ทรงวุฒิ พานิช. 2542 : 1)

การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องมือวัด ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลให้เกิดการปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีขนาดเล็กกระทัดรัดอีกด้วย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงต้องถูกผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ ที่สำคัญก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จะต้องมีตัวประมวลผลกลางที่รวดเร็ว และแม่นยำอีกทั้งยังต้องส่งข้อมูลออกภายนอกได้อย่างรวดเร็วด้วยเช่นกัน ส่งผลให้เครื่องวัดมีราคาสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL : Transistor Transistor Logic เนื่องจากไอซี ชนิด TTL นั้ นมีการใช้งานกันมาก ซึ่งสามารถนำไปผลิตเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์มากมาย เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข และในเครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาโดยการกำหนดให้เครื่องตรวจสอบไอซี สามารถตรวจสอบไอซี ชนิด TTL ซึ่งเป็นไอซี แบบลอจิกเกต (Logic Gate) โดยเครื่องมือดังกล่าวนี้จะแสดงคุณสมบัติของไอซี ชนิด TTL แต่ละเบอร์ออกทางจอ LCD : liquid crystal display ซึ่งมีการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ตระกูล MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 เป็นตัวแสดงคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไอซี ชนิด TTL ตัวนั้น ๆ ได้แก่ ตรวจสอบว่าเสียหรือไม่ และสามารถระบุ

เบอร์ของไอซี ได้ ในกรณีที่เลขและอักษร รหัสบนตัวถังของไอซี ชนิด TTL ลบเลือนไปทำให้มีความสะดวกรวดเร็วขึ้นและถูกต้องก่อนการนำไปใช้งานต่อไปโดยการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL นี้จะอ้างอิงข้อมูล ในแต่ละเบอร์จากหนังสือดาต้าชีต คู่มือเทียบเบอร์ไอซี ชนิด TTL

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTLที่สร้างขึ้น ในด้านวิศวกรรม ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน และ ด้านการบำรุงรักษา

ความสำคัญของการวิจัย

ได้เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL ที่ได้ทำให้ทราบว่าไอซี ดีหรือเสีย รวมทั้งเบอร์รหัสหมายเลขของไอซีชนิด TTL ที่อยู่บนตัวถังในกรณีเบอร์รหัสบนตัวถังของไอซีลบเลือน ได้อย่างถูกต้องก่อนนำ ไอซีชนิด TTL ไปใช้งานเพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการตรวจสอบไอซีชนิด TTL รวมทั้งลดระยะเวลาในการทำงาน

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTLโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 ทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาทางจอ LCD บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTLโดย ประกอบด้วยดังนี้
   1.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดเครื่องตรวจสอบไอซี
   1.2 ชุดแสดงผล
   1.3 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเพื่อจัดเก็บเป็นฐานของข้อมูลไอซี ชนิด TTL แต่ละเบอร์แล้วบันทึกโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 เพื่อการประมวลผลของการตรวจสอบแล้วแสดงผลออกทางจอ LCD
3. เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL นี้สามารถตรวจสอบได้เฉพาะไอซี ชนิด TTL เท่านั้น โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขา Vcc ที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์
4. มีคู่มือการใช้งานแสดงรายละเอียดการใช้งาน การบำรุงรักษาและความปลอดภัยในการใช้งาน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา โดยการสุ่มไอซีชนิด TTL ที่มีขายในท้องตลาด เพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ประเมินดังนี้

1. ประสทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี
2. สมรรถนะด้านวิศวกรรม
3. สมรรถนะด้านการใช้งาน
4. สมรรถนะด้านกายภาพ
5. สมรรถนะด้านบำรุงรักษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL (IC TTL Tester) หมายถึง เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดคุณภาพของไอซีชนิด TTL ในลักษณะอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลกลางแล้วแสดงผลไปที่ LCD เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน

2. ไอซีชนิด TTL (Integrated Circuit : IC TTL) หมายถึง การนำทรานซิสเตอร์เพียงอย่างเดียว หลายตัวรวมกันในชิพ (Chip) ซึ่ง มีตัวเลขบนตัวถังขึ้นต้นด้วย 54 หรือ 74 และต้องจ่ายไฟเลี้ยง 5 โวลท์ ที่ขา Vcc การทำงานเป็น ตรรกะ (Logic)

3. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL หมายถึง การกำหนดลักษณะวงจรไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความสัมพันธ์กับการใช้วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สามารถใช้ในการตรวจสอบไอซีชนิด TTL แล้วนำมาประกอบตามแบบที่กำหนด เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติและคุณภาพของไอซี ชนิด TTL

4. ประสิทธิภาพ (ประ-สิด-ทิ-พาบ) หมายถึง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ (พจนานุกรมไทย.2539) ดังนั้น การหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี หมายถึง การทำงานของเครื่องได้กระทำการตรวจสอบได้ผลถูกต้องแม่นยำ

4.1 ความสามารถในการ ทราบรหัสเบอร์ที่อยู่บนตัวถังของไอซี

4.2 ความสามารถทราบว่าไอซี ดีหรือเสีย ได้อย่างถูกต้อง

5. สมรรถนะ (สะ-มัด-ทะ-นะ) หมายถึง กำลังความสามารถ ความเชี่ยวชาญ (พจนานุกรมไทย.2539) ดังนั้น การหาสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี หมายถึง การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

5.1 สมรรถนะด้านวิศวกรรม หมายถึง ความมีคุณค่าทางวิศวกรรม ความเป็นนวัตกรรมใหม่ การใช้หลักในการแก้ปัญหา การใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี และการใช้อุปกรณ์ในการสร้างอย่างเหมาะสม

5.2 สมรรถนะด้านการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถนำเครื่องตรวจสอบ ไอซี ชนิด TTL ไปใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว การเคลื่อนย้ายทำได้ง่าย

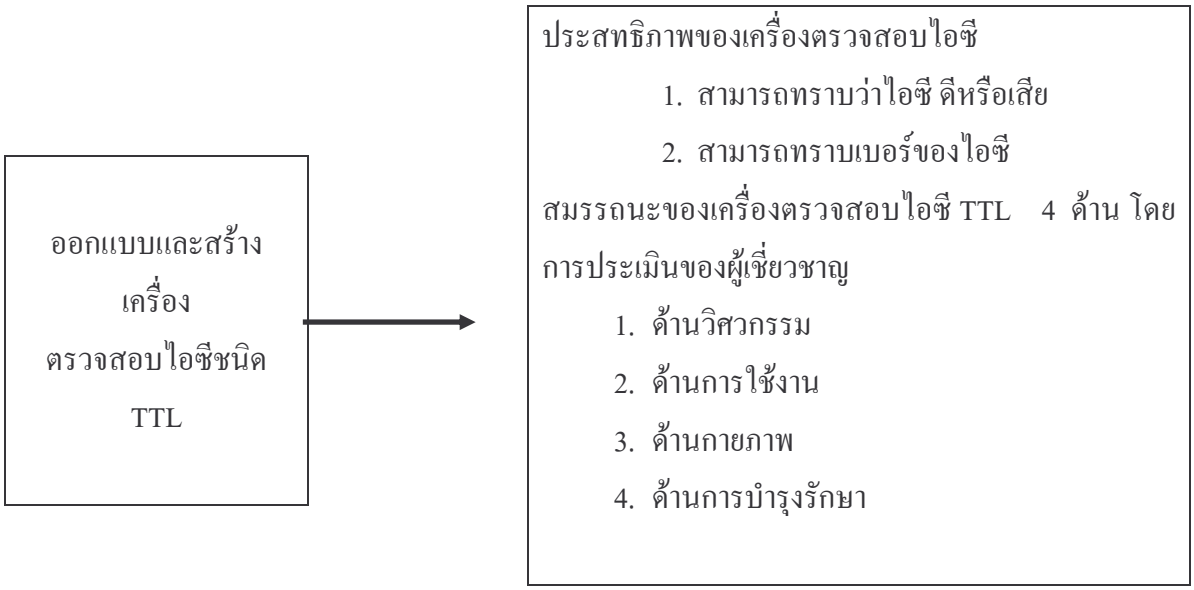
5.3 สมรรถนะด้านกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL มีขนาด กะทัดรัด สวยงาม เหมาะแก่การใช้งานและมีความปลอดภัย

5.4 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา หมายถึง อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีจุดตรวจและซ่อมบำรุงน้อย

5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่ เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิกรวมถึงวงจรสัญญาณนาฬิกาโดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการควบคุมต่าง ๆ แทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์

6. จอแสดงผล (Liquid Crystal Display : LCD) หมายถึง จอที่แสดงผลการตรวจสอบซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งตัวเลข และตัวอักษรเป็นจอที่มีผลึกเหลวบรรจุอยู่โดยมีแผ่นกระจกวางประกบอยู่

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ สามารถบอกรหัสหมายเลขบนตัวถังของไอซี ชนิด TTL ได้อย่างถูกต้อง และสามารถแสดงผลว่าไอซีชนิด TTL ดีหรือเสียได้ และมี สมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี (IC : Integrated Circuit) ชนิด TTL :Transistor Transistor Logic โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาทางจอ LCD มีดังต่อไปนี้

1. หลักการทั่วไปของเครื่องตรวจสอบไอซี
2. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL
3. ประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

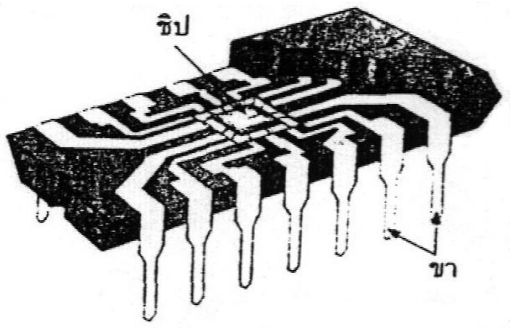
หลักการทั่วไปของเครื่องตรวจสอบไอซี

ในการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ได้แบ่งการทำงานเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์และวงจรดิจิตอล
2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไอซี
3. ไอซีชนิด TTL
4. การตรวจสอบไอซีชนิด TTL
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์
6. อุปกรณ์แสดงผล LCD Display

1. อุปกรณ์และวงจรดิจิตอล

ในการสร้างวงจรดิจิตอล จะใช้ลอจิกเกตเป็นอุปกรณ์ในการประมวลผล โดยจะประกอบด้วยลอจิกเกตพื้นฐานสามชนิดคือ เกตแบบ OR (OR gate) เกตแบบ AND (AND gate) และเกตแบบ NOT (NOT gate) โดยลอจิกเกตพื้นฐานทั้งสามตัวนี้สามารถนำมาสร้างเป็นเกตประเภทต่าง ๆ ได้อีก ซึ่งลอจิกเกตจะถูกบรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า ไอซี (Integrated Circuit)



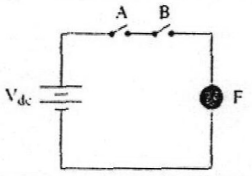
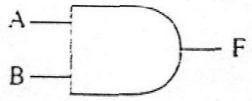
ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะของไอซี

(ธีรวัฒน์ ประกอบผล.2545 : 15)

เกต เป็นวงจรดิจิตอลที่เล็กที่สุด จะมีอินพุตหลายขั้ว (บางเกตมีเพียงขั้วเดียว) และมีเอาต์พุตหนึ่งขั้ว เมื่อป้อนสัญญาณ “1” และ “0” เข้าที่ขั้วอินพุตในแบบต่าง ๆ จะได้ผลลัพธ์เป็น “1” หรือ “0” ที่เอาต์พุตตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ตามคุณสมบัติของเกตนั้น เกตจึงทำหน้าที่เหมือนกับตัวตัดสินลอจิกในวงจรเกตแบ่งเป็นหลายชนิดตามเงื่อนไขการตัดสินลอจิก (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 35)จากการศึกษาสามารถแบ่งวงจรเกตต่าง ๆได้ดังต่อไปนี้

1.1 แอนด์เกท (AND GATE)

ระบบตัวเลขที่จะนำมาใช้กับลอจิกเกทนั้นเราจะใช้ตัวเลขฐานสอง ซึ่งประกอบด้วย “0” กับ “1” เป็นหลัก แอนด์เกทจะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับการคูณผลของการแอนด์กัน ระหว่างค่าระดับสัญญาณทั้งสองถ้าค่าระดับสัญญาณทางอินพุตใดอินพุตหนึ่งมีค่าเป็น “0” จะส่งผลให้ค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุตมีค่าเป็น “0” ด้วยและค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุตมีโอกาสเป็น “1” ได้เพียงกรณีเดียวนั่นคือค่าระดับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับ แอนด์เกทจะต้องมีค่าระดับสัญญาณเป็น “1” ทั้งหมดลักษณะเช่นนี้ก็จะคล้ายกับ การทำงานแบบสวิทช์สองตัวขึ้นไปมาต่ออนุกรมกัน ดังนั้น จะสามารถเขียนลักษณะของแอนด์เกทได้ดังนี้ สัญลักษณ์ของไอซีแอนด์เกท จะเห็นว่าเอาท์พุทมีเพียงเอาท์พุทเดียว แต่ทางด้านอินพุทจะมีตั้งแต่ 2 อินพุทขึ้นไปอาจจะเป็น 2 3 4 หรือมากกว่า (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2545 : 55-56)

วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	$F = A \cdot B$
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A B F 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1

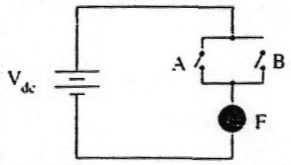
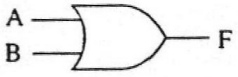
ภาพประกอบ 2 แสดงแอนด์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ

(ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2545 : 55-56)

สรุป แอนด์เกท เอาท์พุทจะมีลอจิกเป็น “0” เสมอ ยกเว้นกรณีที่อินพุททุกอินพุท เป็นลอจิก “1” ทางด้านเอาต์พุตจึงจะออกเป็น “1”

1.2 ออร์เกท (OR GATE)

ออร์เกทเป็นอุปกรณ์ที่มีอินพุตตั้งแต่สองอินพุตขึ้นไป และเอาต์พุตมีค่าเดียวโดยจะนำอินพุตทั้งหมดมา ออร์กันทางลอจิกเปรียบเสมือนกับการต่อสวิทช์ไฟฟ้าขนานกัน เพียงแต่ปิดสวิทช์ สวิทช์ตัวใดในวงจรเท่านั้น ก็จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาปรากฏทางเอาท์พุท ถ้านำเอาหลอดไฟมาต่อตรงจุดเอาท์พุท จะเห็นว่าเพียงแต่เราปิดสวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้นหลอดไฟก็จะติดขึ้นมา การทำงานของออร์เกทจะมีลักษณะคล้าย ๆ กับการนำค่าระดับสัญญาณอินพุตมาบวกกัน ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นตัวเลขลอจิกได้ดัง ตาราง ทรุธเทเบิ้ล หรือ ตารางความจริง (สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 50-51)

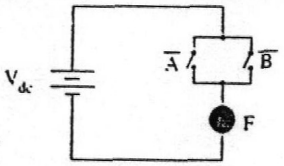
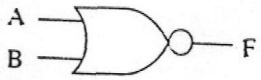
วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	F = A + B
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A B F 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1

ภาพประกอบ 3 แสดงออร์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ
(สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 50-51)

สรุป ออร์เกท จะมีเอาท์พุทเป็นลอจิก “1” เสมอ ยกเว้นอินพุทตัวเป็นลอจิก “0” ทั้ง 2 ตัวก็จะทำให้เอาต์พุตเป็น “0” ด้วย

1.3 นอร์เกท (NOR GATE)

นอร์เกท เป็นอุปกรณ์ลอจิกที่เกิดจากการนำเอาออร์เกท มารวมกับ น็อตเกท ก็จะได้ตัวใหม่ขึ้นมา เรียกว่า นอร์เกท การทำงานของนอร์เกทค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุต มีโอกาสเป็น “1” ได้กรณีเดียว คือค่าระดับสัญญาณทางด้านอินพุตทั้งหมดจะต้องเป็น “0” และเมื่อไหร่ที่ค่าระดับสัญญาณทางอินพุต หนึ่งอินพุตใดเป็น “1” จะส่งผลให้ค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุตเป็น “0” ซึ่งการทำงานก็เป็นตรงกันข้ามกับออร์เกท เพราะว่าทางเอาท์พุทของมันจะมีน็อตเกทต่ออยู่ (กฤษดา วิศวธีรานนท์ และ มานะ ศรียุทธศักดิ์. 2542 : 106)

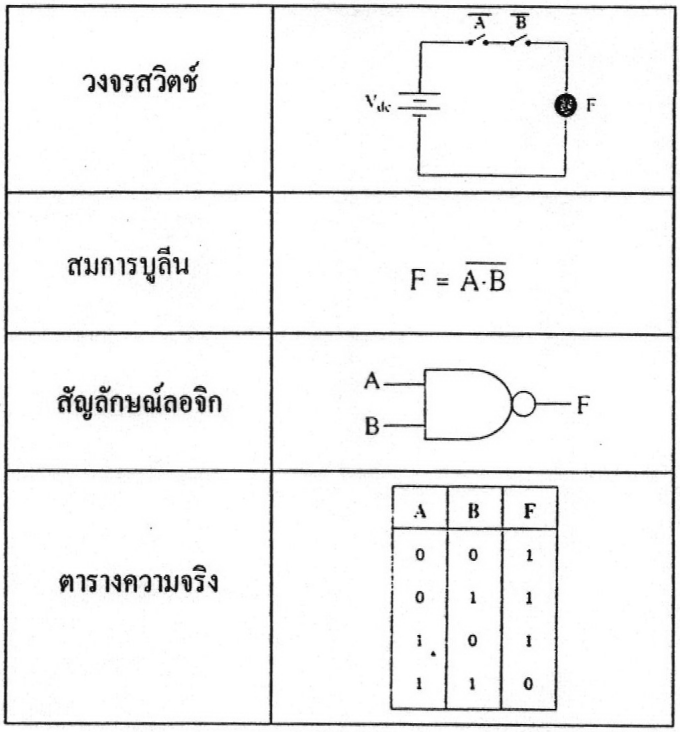
วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	$F = \overline{A + B}$
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A B F 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0

ภาพประกอบ 4 แสดงนอร์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ
(กฤษดา วิศวธีรานนท์ และ มานะ ศรียุทธศักดิ์. 2542 : 106)

สรุป นอร์เกท จะให้เอาท์พุทลอจิกเป็น ‘‘0’’ เสมอ ยกเว้นกรณีที่อินพุท ทุกตัวเป็นลอจิก ‘‘0’’ เอาต์พุตที่ได้จะได้เท่ากับ ‘‘1’’

1.4 แนนด์เกท (NAND GATE)

เกท แนนด์ประกอบมาจากเกทแอนด์ และอินเวอร์เตอร์ โดยการนำเอาสัญญาณที่ออกจากเกทแอนด์ไปเข้ายังอินเวอร์เตอร์ การทำงานของ เกทแนนด์ ค่าระดับสัญญาณทางอินพุตเพียงสภาวะเดียวเท่านั้นที่สามารถทำให้ค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุตมีค่าเป็น “0” ได้คือค่าระดับสัญญาณทางด้านอินพุตจะต้องมีค่าเป็น “1” ทุกอินพุต ในสภาวะอื่นจะให้ค่าระดับสัญญาณเป็น “1”

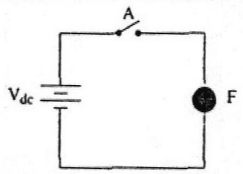
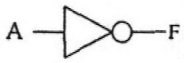


ภาพประกอบ 5 แสดงแนนด์เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ
(ธวัชชัย เลื่อนฉวี และ อนุรักษ์ เถื่อนศิริ. 2543 : 56)

สรุป แนนด์เกทจะให้เอาท์พุทลอจิกเป็น “1” เสมอยกเว้นกรณีอินพุททุกตัวมีค่าลอจิกเป็น “1” จะทำให้ได้เอาต์พุตมีค่าเป็น “0”

1.5 น็อตเกท หรือ อินเวอร์เตอร์ (NOT GATE or INVERTER)

น็อตเกท หรือ อินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีอินพุตเดียวและมีเอาต์พุตเดียว มีหน้าที่ในการกลับค่าระดับสัญญาณให้มีค่าเป็นตรงกันข้าม กับค่าระดับสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าทางอินพุต คือถ้าป้อนลอจิก “1” เข้าไปทางอินพุท ทางเอาท์พุทก็จะเป็นลอจิก “0” ถ้าป้อนอินพุทเป็นลอจิก “0” ก็จะได้เอาท์พุทเป็นลอจิก “1” เพราะฉะนั้น อินเวอร์เตอร์จึงมี “1” อินพุท และ “1” เอาท์พุท (พิพัฒน์ เลาหสงคราม. 2537 : 86)

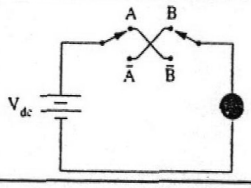
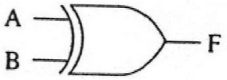
วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	$F = \bar{A}$
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A | F 0 | 1 1 | 0

ภาพประกอบ 6 แสดงน็อตเกทในคุณลักษณะต่าง ๆ
(พิพัฒน์ เลาหสงคราม. 2537 : 86)

สรุป น็อตเกท หรือ อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนโลจิกอินพุทให้ตรงข้าม เมื่อปรากฏออกมาทางเอาท์พุท

1.6 เกทแบบเอกซ์คูลซีปออร์ (EXCLUSIVE OR GATE)

เกทแบบ เอกซ์คูลซีป ออร์ จะเป็นเกทแบบสองอินพุต ซึ่งเป็นเกททางลอจิกอีกตัวหนึ่งที่มีใช้กันมาก ในวงจรบวก และลบเลขฐานสอง เรียกว่า เอกซ์ออร์เกต (XOR GATE) การทำงานจะเป็นการเปรียบเทียบค่าระดับสัญญาณอินพุต ในกรณีที่ค่าระดับสัญญาณทางอินพุต มีความแตกต่างกัน ค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุต (EXCLUSIVE OR GATE) ของจะมีค่าเป็น “1” แต่ถ้าค่าระดับระดับสัญญาณทางอินพุตเหมือนกัน จะได้ค่าระดับสัญญาณทางเอาต์พุตเป็น “0” (อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 20-21)

วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	$F = A\bar{B} + \bar{A}B$
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A B F 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0

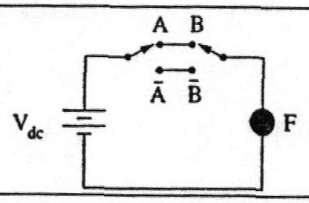
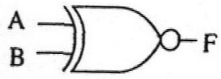
ภาพประกอบ 7 แสดงเอกซ์คูลซีป ออร์ เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ

(อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 20-21)

สรุป EXCLUSIVE OR GATE ถ้าอินพุตทั้งสองมีค่าเท่ากันเอาต์พุตเป็น “0” แต่ถ้าอินพุตทั้ง 2 มีค่าไม่เท่ากัน เอาต์พุตเป็น “1”

1.7 เกทแบบเอกซ์คูลซีปนอร์ (EXCLUSIVE NOR GATE)

เกทแบบ เอกซ์คูลซีป นอร์ จะเป็นเกทที่นำเอา EXCLUSIVE OR GATE และ NOT GATE มาต่อเข้าด้วยกัน ค่าสัญญาณเอาต์พุตของ EXCLUSIVE NOR GATE จะให้ผลที่ตรงกันข้ามกับ EXCLUSIVE OR GATE การทำงานของ EXCLUSIVE NOR GATE กรณีค่าระดับสัญญาณที่ป้อนเข้าทางด้านอินพุตมีค่าเท่ากันจะให้ผลค่าระดับสัญญาณด้านเอาต์พุตเป็น “1” แต่ในกรณีค่าสัญญาณที่ป้อนให้ทางอินพุตมีค่าไม่เท่ากัน ผลของค่าระดับสัญญาณที่ได้ทางด้านเอาต์พุตจะเป็น “0” (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 48)

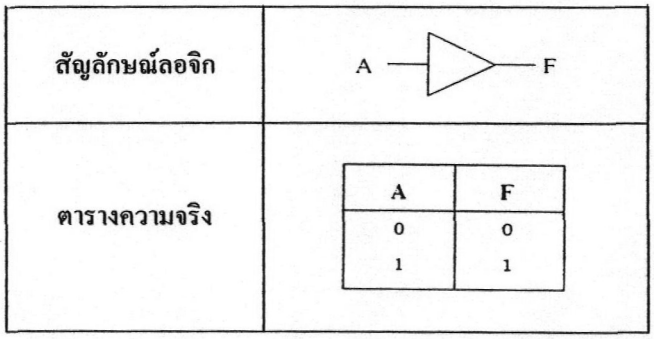
วงจรสวิตช์	
สมการบูลีน	$F = \bar{A}\bar{B} + AB$
สัญลักษณ์ลอจิก	
ตารางความจริง	A B F 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1

ภาพประกอบ 8 แสดงเอกซ์คูลซีป นอร์ เกทในคุณลักษณะต่าง ๆ
(นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 48)

สรุป EXCLUSIVE NOR GATE ถ้าอินพุตทั้งสองมีค่าเท่ากันเอาต์พุตเป็น “1” แต่ถ้าอินพุตทั้ง 2 มีค่าไม่เท่ากัน เอาต์พุตเป็น “0”

1.8 บัปเฟอร์ (BUFFER)

บัปเฟอร์ (BUFFER) เป็นเกตที่ไม่กลับทาง (Noninverting Gate) ให้ค่าระดับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต เหมือนกับค่าระดับสัญญาณทางด้านอินพุต ถูกสร้างขึ้นเพื่อต่อระหว่างลอจิกเกต 2 วงจร หรือเมื่อต้องการต่อเอาต์พุตของวงจรลอจิกเข้ากับวงจรอื่น ๆ วงจรบัปเฟอร์ (Buffer) จะทำหน้าที่ขยายกระแสเอาต์พุตของวงจรลอจิกโดยไม่กลับสัญญาณลอจิก สามารถนำไปเป็นตัวขับค่าระดับสัญญาณ ให้มีความแรงยิ่งขึ้น สามารถช่วยแก้ปัญหาการหน่วงสัญญาณ (Propagation Delay Time) (วัฒนา แก้วดุก. 2546 : 45)



ภาพประกอบ 9 แสดงบัปเฟอร์ (BUFFER) ในคุณลักษณะต่าง ๆ

(วัฒนา แก้วดุก. 2546 : 45)

เมื่อวิวัฒนาการทางด้านการสร้างวงจรรวมเกี่ยวกับวงจรสวิตชิ่ง มีการพัฒนามากขึ้น จึงมีการสร้างวงจรสวิตชิ่งที่ทำหน้าที่เป็นตัวกระทำ แอนด์ ออร์ และนอต บรรจุอยู่ในตัวถังของวงจรรวมแบบตัวถังพลาสติกทั้งชนิด ทีทีแอล และซีมอส โดยให้ชื่อวงจรที่ทำหน้าที่ เป็นตัวกระทำดังกล่าว ว่าแอนด์เกต ออร์เกต และนอตเกต ในวงจรสวิตชิ่งนั้น ผลการทำงานของทรานซิสเตอร์ภายในวงจรก็เป็นการทำงานในสภาวะอิ่มตัว (Saturation) และคัตออฟ (Cutoff) เท่านั้น มีความสัมพันธ์เหมือนกับวงจรรีเลย์ที่มีการเปิดและปิด ของหน้าสัมผัสที่มีความสัมพันธ์กับพีชคณิตบูลิน (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 40)

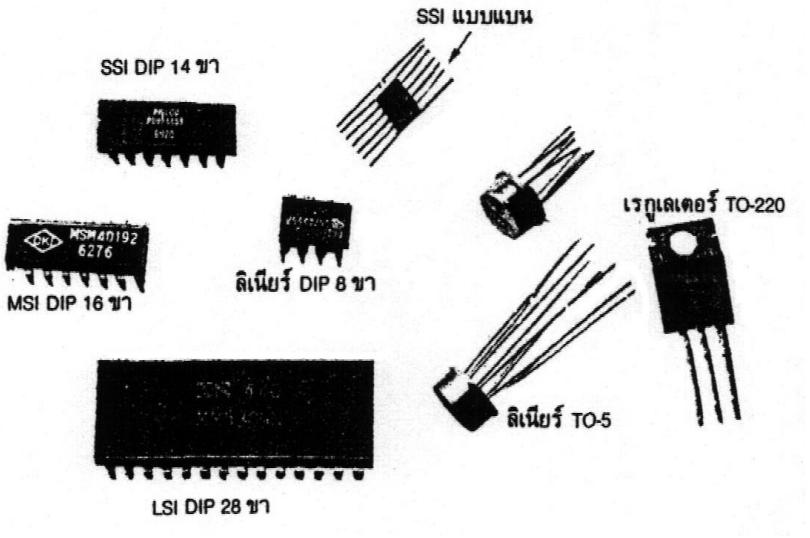
2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจรรวม

วงจรรวม หรือไอซี โดยภายในตัวจะเป็นวงจรสำเร็จรูป หรือเป็นวงจรที่รวมเอาการทำงาน ของทรานซิสเตอร์ หรืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่น ๆ มาไว้ในตัวเดียวกัน (เจน สงสมพันธุ์.2531: 239) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 รูปร่างภายนอกและขาของไอซี

ไอซี แต่ละชนิดมีรูปร่างภายนอกแตกต่างกัน ตั้งแต่ตัวถัง และจำนวนขาขาของไอซี ดังภาพประกอบที่ 10 แสดงตัวอย่างของไอซีที่มีตัวถังชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุดเป็นแบบ DIP (dual inline package) เป็นตัวถังแบบสี่เหลี่ยมมีขาเรียงกันเป็น 2 แถว จำนวนขาของไอซีดิจิตอลจะมีตั้งแต่ 14-40 ขา ถ้ามีมากกว่า40ขาจะถอดไอซีออกจากซ็อกเกตได้ยากมากตัวถังจะทำด้วยวัสดุที่เป็นพลาสติกหรือเซรมิก

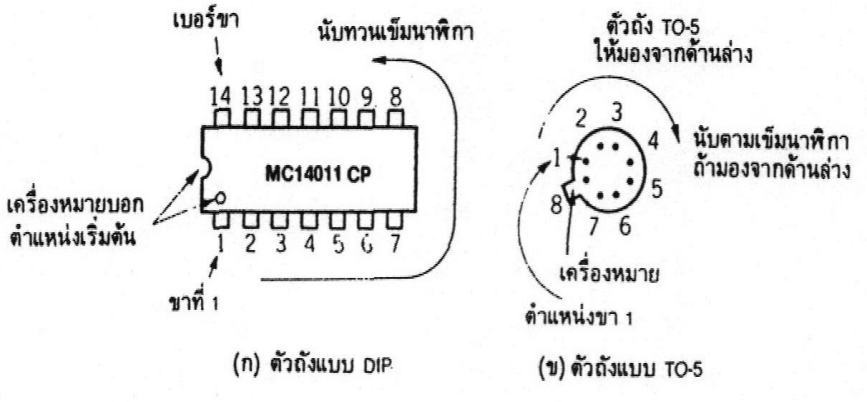
นอกจากแบบ DIP แล้วยังมีตัวถังแบบ TO-5 ซึ่งเป็นตัวถังโลหะหุ้มมิดชิดไอซีที่มีตัวถังแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นอะนาลอกไอซี ส่วนไอซีที่ทำหน้าที่เป็นเรกูเลเตอร์ (regulator) มักจะมีตัวถังแบบ TO-3 (ตัวถังโลหะ) หรือ TO-220 (ตัวถังพลาสติก) ซึ่งดูรูปร่างคล้ายคลึงกับทรานซิสเตอร์กำลัง ตัวถังแบบพิเศษเช่น แบบแบน (flat package) มีขนาดเล็กและแบนใช้ในวงจรที่ต้องการพื้นที่น้อย เช่น นาฬิกา เครื่องเล่นเทป จากตัวอย่างของไอซีในตัวถังต่างๆจะเห็นว่าไอซีแต่ละชนิด จะมีขายื่นออกมาสำหรับให้ต่อกับวงจรภายนอกจำนวนขามีมากพอสมควร (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 16)



ภาพประกอบ 10 แสดงไอซีที่มีตัวถังแบบต่าง ๆ
(กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 16)

เพื่อไม่ให้การต่อวงจรผิดพลาด จำเป็นที่จะต้องมีกฎเกณฑ์ในการกำหนดเบอร์ของไอซี การนับขาไอซีนั้นไม่ว่าจะเป็นไอซีที่ผลิตโดยบริษัทใดก็ตาม การนับจะต้องเหมือนกัน

กฎเกณฑ์นับขาไอซีมีดังนี้ ก่อนอื่นคว่ำไอซีให้มองเห็นด้านบน มองหาเครื่องหมายของจุดเริ่มต้นขาที่ 1 ซึ่งบางครั้งเป็นจุดกลมเล็ก ๆ จากนั้นนับขาที่ 2, 3 วนตามทิศทวนเข็มนาฬิกา ไปจนถึงขาสุดท้าย (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 17) เบอร์ของขาไอซีนี้สำคัญมากเพราะขาแต่ละขาของไอซีจะมีหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งเราจะรู้ถึงหน้าที่ของมันโดยการดูรูปในคู่มือของบริษัทผู้ผลิต ถ้านับขาผิดเบอร์จะเป็นต้นเหตุให้ต่อวงจรผิด และเป็นอันตรายต่อไอซีได้



ภาพประกอบ 11 การนับขาไอซี

(กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 17)

การนับขาไอซีนั้นเราจะนับทวนเข็มนาฬิกาเมื่อเรามองไอซีจากทางด้านบน แต่ในการประกอบวงจรลงบนแผ่นปริ้นหรือออกแบบวงจรบนแผ่นปริ้นเรามักมองไอซีจากด้านล่างดังนั้นการนับจะต้องเป็นแบบตามเข็มนาฬิกา ซึ่งกลับกันกับการนับขาโดยดูจากด้านบน (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 16)

2.2 ชนิดของไอซี

ไอซี ที่อยู่ในปัจจุบันมีหลายประเภทแล้วแต่การใช้งาน เช่น ไอซี ทีทีแอล ซีมอส พีมอสเพาเวอร์แอมป์ เร็กกูเลเตอร์ ออปแอมป์ อย่างไรก็ตามถ้าแบ่งตามลักษณะของสัญญาณ ในการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

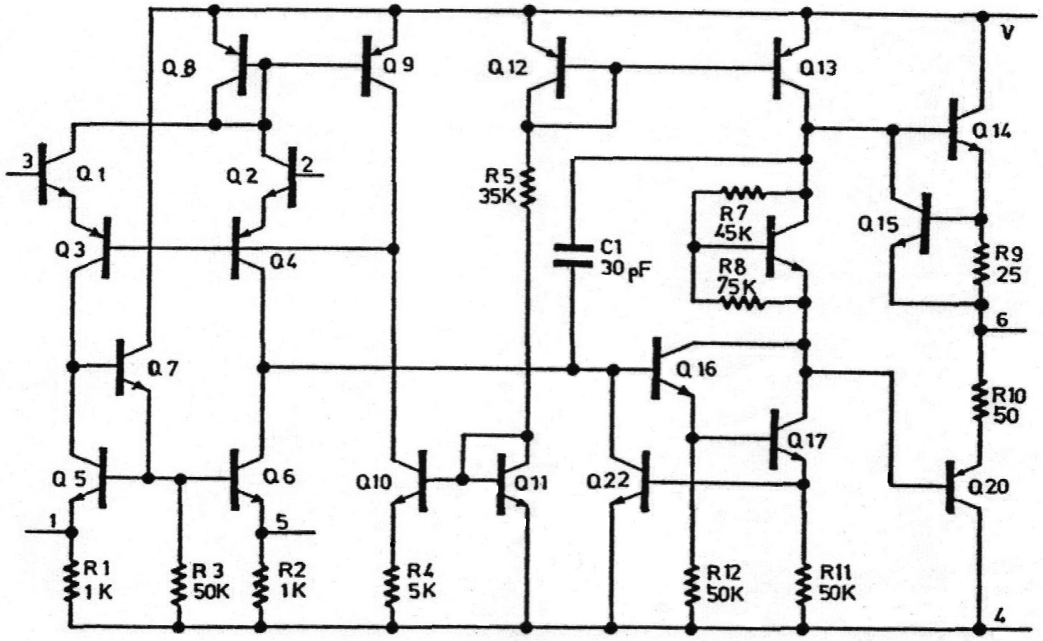
2.2.1 ลิเนียร์ ไอซี (Linear Integrated Circuit) มักนำไปใช้กับวงจรขยายสัญญาณวงจรควบคุมวงจรสื่อสารและใช้ในเครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ การทำงานของไอซีประเภทนี้จะทำงานในลักษณะเชิงเส้น หรือสัญญาณอนาล็อก ส่วนใหญ่วงจรจะถูกจัดให้มีการทำงาน ที่ต่อเนื่องสามารถให้กำลังแก่สัญญาณได้จึงนิยมใช้สำหรับวงจรขยายวงจรควบคุมที่ต้องการกำลัง วงจรสื่อสาร วงจรที่ใช้เป็นเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ (เจน สงสมพันธุ์.2531:240)

2.2.1.1 คุณลักษณะของออปแอมป์ เป็นไอซีวงจรขยายที่มีอัตราขยายสูงมาก โดยปกติจะมีอัตราขยายสูงถึงหลายหมื่น และข้อดีเด่นก็คือ เราสามารถกำหนดอัตราขยาย ให้กับออปแอมป์ได้โดยง่ายตามต้องการด้วยการต่อวงจรในลักษณะการป้อนกลับแบบลบ

2.2.1.2 คุณลักษณะของออปแอมป์ในอุดมคติ

1. มีอัตราขยายแรงดันเป็นอนันต์
2. มีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์เป็นอนันต์ หรือกล่าวได้ว่ากระแสอินพุท เป็นศูนย์นั่นเอง
3. มีเอาท์พุทอิมพิแดซ์เป็นศูนย์
4. มีผลตอบสนองความถี่ได้จากสัญญาณไฟตรงถึงความถี่อนันต์

จากคำจำกัดความของออปแอมป์ในอุดมคติทำให้ทราบว่า ไม่ว่าสัญญาณจะเป็นอย่างไร สัญญาณนั้นก็สามารถทำให้ออปแอมป์ทำงานได้ และถ้าต่อเชื่อมออปแอมป์กับวงจรอื่นก็จะไม่มีผลทำให้วงจรอื่นทำงานผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าอินพุทอิมพิแดนซ์ของออปแอมป์เป็นอนันต์ และเอาท์พุทอิมพิแดนซ์เป็นศูนย์ (พิสมัย สุภัทรานนท์. 2545 : 37) ไอซีออปแอมป์ เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีทั่ว ๆ ไป คือ ไอซีออปแอมป์มีอินพุท 2 อินพุท และมีเอาท์พุทเพียงทางเดียวคล้ายกับดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ อินพุทขาหนึ่งเรียกว่าอินเวอร์ติ้งอินพุท (Inverting I/P) หรือ ขาลบ สัญญาณจะเข้ามายังอินพุทขานี้จะถูกอินเวอร์ด หรือกลับขั้วเป็นตรงกันข้ามเมื่อผ่านออปแอมป์ไปยังเอาท์พุทแล้ว เช่น เมื่อเราป้อนอินพุทบวกเข้าไปก็จะได้เอาท์พุทออกมาเป็น ลบ หรือถ้าเป็น เอซี เอาท์พุทที่ได้ก็จะต่างเฟสกับอินพุทอยู่ 180 องศา อินพุทอีกขาหนึ่งคือ นอนอินเวอร์ติ้งอินพุท (Non - Inverting I/P) หรือขาบวก สัญญาณที่เข้ามายังอินพุทขานี้เมื่อผ่านออปแอมป์แล้วเอาท์พุทที่ได้ก็ยังคงเหมือนเดิมหรือเรียกว่าอินเฟส (เจน สงสมพันธุ์. 2531 : 240)

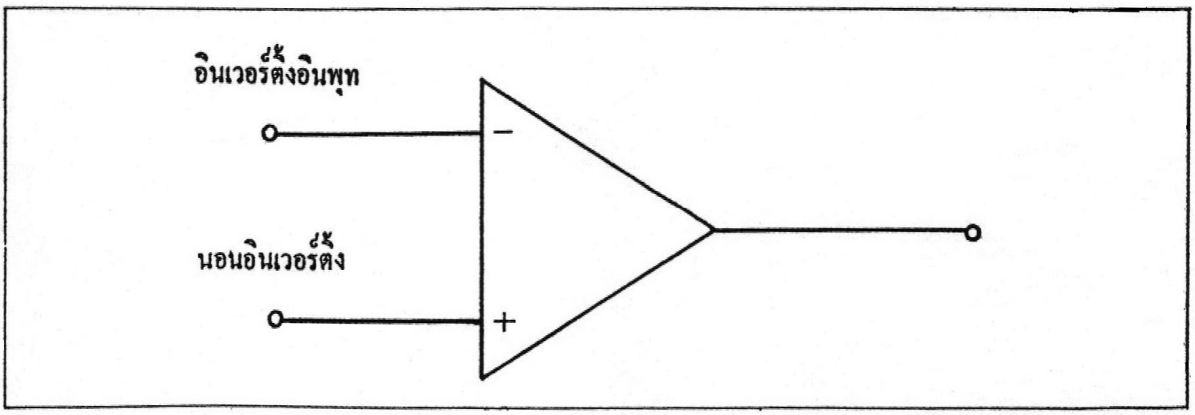


ภาพประกอบ 12 วงจรภายในของออปแอมป์ในไอซี

(พิสมัย สุภัทรานนท์. 2545 : 58)

การต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับตัวไอซี ไอซีส่วนใหญ่มักจะใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด คือบวกและลบเพื่อจ่ายให้กับวงจรขยายความแตกต่างค่าแรงดันทั้งสองมักจะเท่ากัน เช่น + 9 กับ – 9 โวลท์ รูปร่างของไอซี รูปร่างของไอซีจะมีรูปร่างตัวถัง (Package) เป็นแบบมาตรฐาน ตัวถังชนิดเซรามิคมีข้อดีกว่าชนิดกระป๋อง TO-5 ตรงที่เซรามิคเป็นฉนวนไฟฟ้าอยู่แล้วจึงไม่มีปัญหาการฉนวน ตัวถังนอกจากนี้ยังทนความร้อนได้สูงกว่าชนิดพลาสติกด้วย อย่างไรก็ดีตัวถังแบบเซรามิคก็มีราคาแพงกว่า ในการออกแบบ

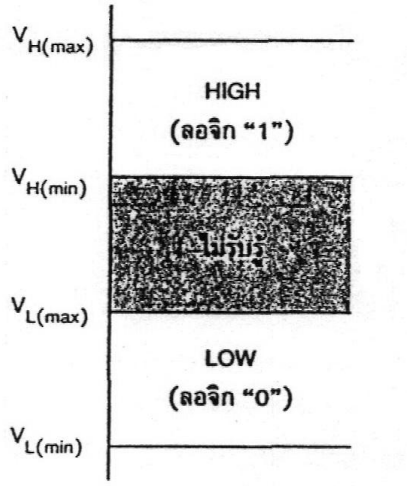
หรือทดลองเกี่ยวกับไอซี ควรจะใช้ต่อกับซ๊อกเกต (Socket) เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนซึ่งไม่ต้องบัดกรีใหม่ และไม่ทำให้ไอซีร้อน ซ๊อกเกท (Socket) ที่ใช้ควรเหมาะสมกับรูปร่างตัวถังของไอซี



ภาพประกอบ 13 สัญญลักษณ์ของไอซีออปแอมป์
(พิสมัย สุภัทรานนท์. 2545 : 36)

2.2.2 ดิจิตอลไอซี (DIGITAL I.C.) ปัจจุบันดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะว่าดิจิตอลนั้นสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไม่ต้องคำนวณให้ยุ่งยาก ระบบการแสดงผลเป็นแบบตัวเลขดังนั้นระบบข้อมูลระบบควบคุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของสัญญาณจึงสามารถกระทำได้ด้วยดิจิตอล อย่างเช่นนาฬิกา เครื่องคิดเลข ระบบไฟจราจร ไฟวิ่ง แม้กระทั่งคอมพิวเตอร์ (เจน สงสมพันธุ์. 2531 : 240)

2.2.2.1 สัญญาณดิจิตอล ระบบดิจิตอลจะนำเลขฐานสองแต่ละบิตมาต่อเรียงกัน ถ้าบิตมีค่าเป็น “1” จะเรียกว่าลอจิกหนึ่ง หรือ HIGH ถ้าบิตมีค่าเป็น “0” จะเรียกว่าลอจิกศูนย์หรือ LOW โดยบิตของข้อมูลแต่ละค่าจะแทนด้วยแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่ง ค่าแรงดันที่ลอจิก “0” และลอจิก “1” เรียกว่า logic level โดยค่าระดับแรงดันนี้จะขึ้นกับประเภทของอุปกรณ์ดิจิตอลที่นำมาใช้งาน อุปกรณ์บางชนิดจะแทนลอจิก “1” ด้วยแรงดันไฟฟ้า 12 V และแทนลอจิก “0” ด้วยแรงดันไฟฟ้า 0 V แต่อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่เราพบในระบบดิจิตอลจะแทนลอจิก “1” ด้วยแรงดัน 5 V และแทนลอจิก “0” ด้วยแรงดัน 0 V แต่ค่าแรงดันนี้อาจไม่จำเป็นต้องตรงกับค่าที่กำหนดพอดี ถ้าหากเราทดลองปรับค่าแรงดันตั้งแต่ 0 V ไปจนถึงแรงดัน 5 V จะพบว่าแรงดันต่ำสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “0” จะเรียกว่า VL(max) ถ้าเพิ่มแรงดันไปเรื่อย ๆ ค่าแรงดันสูงสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “0” เรียกว่า VL(max) และถ้าเพิ่มแรงดันไปอีกถึงแรงดันค่าหนึ่ง ค่าแรงดันต่ำสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “1” เรียกว่า VH(min) ถ้าเพิ่มแรงดันไปอีก ค่าแรงดันสูงสุดที่ระบบรับรู้ว่าเป็นลอจิก “1” เรียกว่า VH(max) ส่วนค่าแรงดันระหว่าง VL(max) ถึง VH(min) ระบบจะไม่รับรู้ (ธีรวัฒน์ ประกอบผล.2545 : 11)



ภาพประกอบ 14 แสดงค่าระดับแรงดันลอจิก
(ธีรวัฒน์ ประกอบผล.2545 : 11)

3. ไอซีชนิด TTL : Transistor Transistor Logic

IC ดิจิตอลที่นิยมใช้โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ TTL และ CMOS ซึ่งทั้งสองอย่างนี้จะมีการใช้งานที่คล้ายกัน แต่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน คือ วงจรรวมในตระกูล TTL จะมีรหัสหรือเบอร์ขึ้นต้นด้วยเลข 74 ส่วน CMOS จะขึ้นต้นด้วย 40 จากนั้นจะตามด้วยตัวเลข 2-3 หลัก (สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 59) TTL เกิดก่อน CMOS ดังนั้น จำนวน TTL จะมีมากกว่าและเมื่อประกอบวงจรดิจิตอลจะหาอุปกรณ์ได้ง่าย ใช้แหล่งจ่าย +5 Volt ผิดพลาดได้ไม่เกิน 5% กระแสที่ใช้แต่ละตัวอยู่ระหว่าง 8-100 mA ขณะทำงานจะร้อน แต่ทำงานได้เร็วและทำงานได้ความถี่สูงประมาณ 30 Mhz ส่วน CMOS ใช้แหล่งจ่ายตั้งแต่ 3-16 Volt กระแสที่ใช้ต่ำ เมื่อเทียบกับ TTL สามารถสร้างวงจรได้ซับซ้อนมากกว่าและพัฒนาได้ง่าย ไม่มีปัญหาด้านความร้อน แต่ CMOS จะทำงานได้ช้า ความถี่ที่ใช้ทำงานต่ำกว่า TTL มีปัญหากับไฟฟ้าสถิตการใช้งานจะต้องระมัดระวังมากกว่า TTL (อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 53) วงจรรวมแต่ละเบอร์จะประกอบด้วยเกตตั้งแต่ 1 เกตขึ้นไปอยู่ภายใน วงจรรวมจะบรรจุอยู่ในตัวถังแบบที่เรียกว่า DIP (Dual Lnline Package) โดยตัวถังแบบนี้จะมีขาโลหะต่อออกมาจากวงจรรวมเป็น 2 แถว แถวละเท่า ๆ กัน วงจรรวมนี้อาจมีขา 14, 16, 18, 20 หรือ 24 ขา (สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 59)

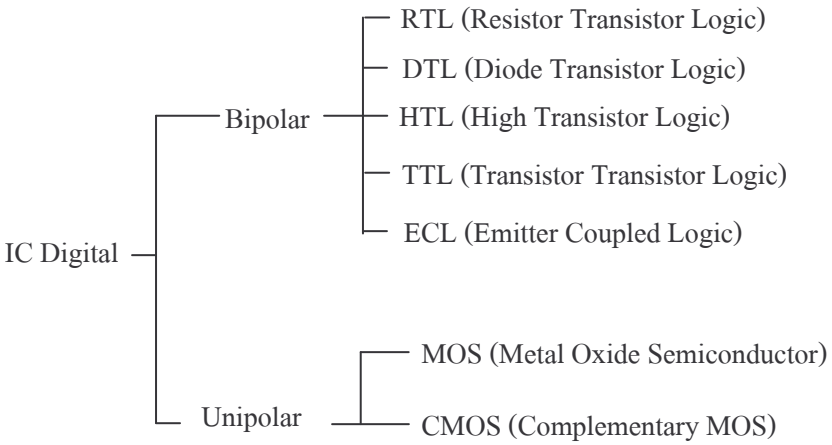
ไอซีที่มีใช้กันอยู่ปัจจุบันมีอยู่หลายชนิด แต่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามขบวนการผลิต คือ

1. ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar) เป็นชนิดที่ใช้อุปกรณ์ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทรานซิสเตอร์ และ ไดโอดเป็นโครงสร้างของวงจร ซึ่งเป็นยุคแรกในการผลิต IC และมีการพัฒนาจนถึงยุคปัจจุบัน

2. ชนิดยูนิโพลาร์ (Unipolar) เป็นประเภทที่ประกอบด้วยอุปกรณ์พวก FET อย่างเดียวปกติจะใช้ MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ มีอยู่ 2 ชนิดคือ P-MOS และ

N-MOS แต่ก่อนเมื่อผลิตเป็น IC แล้วจะเรียกชื่อตามชนิดคือ IC แบบ P-MOS, N-MOS ในปัจจุบันได้พัฒนานำมารวมกันเพื่อให้มีคุณภาพและประหยัดพลังงานเรียกว่า CMOS (Complementary MOS)

นอกจากแบ่งตามชนิดของอุปกรณ์การผลิตแล้วแต่ละชนิดยังถูกแบ่งย่อยออกไปอีกตามโครงสร้างของส่วนประกอบภายใน อีก เช่น ชนิด แบ่งออกเป็น RTL, DTL และ TTL และ เป็นต้น ในกรณีของ Unipolar แบ่งเป็น MOS และ CMOS ดังแสดงในภาพประกอบที่ 15 (อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 52)



ภาพประกอบ 15 แสดงตระกูลไอซีดิจิตอล

(อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 53)

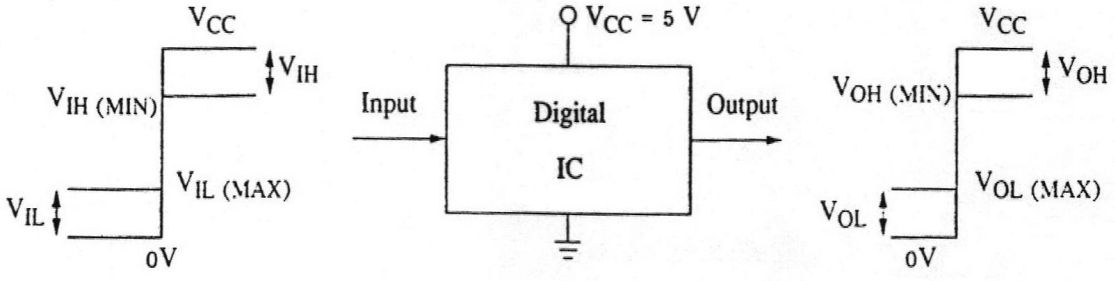
ไอซีดิจิตอลสร้างมาจากทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ (Bipolar Trasistor) โดยออกแบบใช้งานทรานซิสเตอร์เฉพาะช่วง “ON” และ “OFF” เท่านั้น ไฟเลี้ยงวงจร (Vcc) ที่จ่ายให้กับไอซีตระกูลนี้มีค่าคงที่ +5 V(DC) มีคุณสมบัติทางด้านแรงดันไฟฟ้าดังนี้ (สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 93)

อินพุต “LOW” (VIL) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 0.0 - 0.8 V

อินพุต “HIGH” (VIH) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 2.0 - 5.0 V

เอาต์พุต “LOW” (VOL) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 0.0 - 0.4 V

เอาต์พุต “HIGH” (VOH) ช่วงแรงดันไฟฟ้า 2.4 - 5.0 V



ภาพประกอบ 16 แสดงคุณสมบัติทางด้านแรงดันไฟฟ้า

(สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 92)

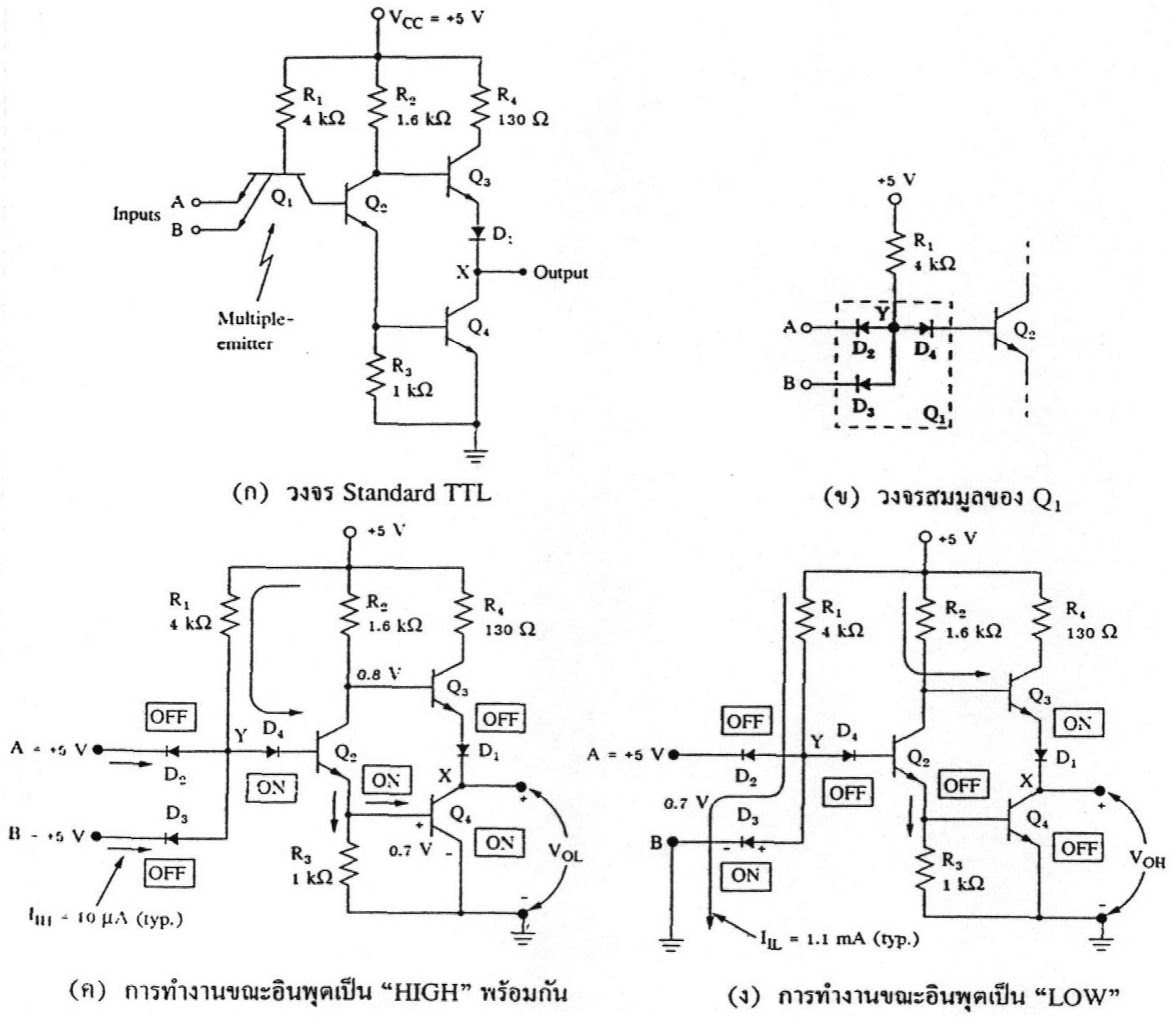
ไอซีดิจิตอลตระกูล TTL ยังแบ่งเป็นตระกูลย่อย (Subfamilies) อีกหลายกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกันที่ความเร็วการทำงาน กำลังไฟฟ้า และราคา (สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 93)

3.1 Standard TTL

Standard TTL เป็นกลุ่มที่ใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงสำหรับกลุ่มอื่น ๆ ใช้กำลังไฟฟ้า 10 mW/Gate ค่าเวลาประวิงของเกต 10 nS เมื่อใช้โหลด 15 pF/400 Ω ตัวอย่างโครงสร้างภายในของ Standard TTL แสดงดังภาพประกอบที่ 17 (ก) ซึ่งเป็นวงจรที่ทำงานเป็น NAND gate 2 อินพุต เพื่อจะได้พิจารณาการทำงานของวงจรได้ง่ายขึ้นจึงเขียนวงจรสมมูล Q1 ไปเป็นภาพประกอบที่ 17 (ข)

ภาพประกอบที่ 17 (ค) อินพุต A และ B ได้รับลอจิก “HIGH” ทั้ง 2 อินพุต ทำให้ไดโอด D2,D3 OFF, Q2 ON ส่งผลให้ Q4 ON, Q3 OFF จะได้เอาต์พุตเป็น “LOW”

ภาพประกอบที่ 17 (ง) อินพุตใดอินพุตหนึ่งอย่างน้อย 1 อินพุต ได้รับลอจิก “LOW” จุด Y จะต่อกับกราวด์ Q2 OFF ส่งผลให้ Q3 ON, Q4 OFF จะได้เอาต์พุตเป็น “HIGH”



ภาพประกอบ 17 แสดงโครงสร้างภายในของ Standard TTL

(สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 94)

ขณะแรงดันอินพุตเป็น “HIGH” กระแส IIH จะไหลเข้าขาอินพุตของวงจรไอซี ซึ่งจะเป็นกระแสต่ำประมาณ 10 μA เนื่องจากเป็นช่วงไบแอสย้อนกลับของไดโอด

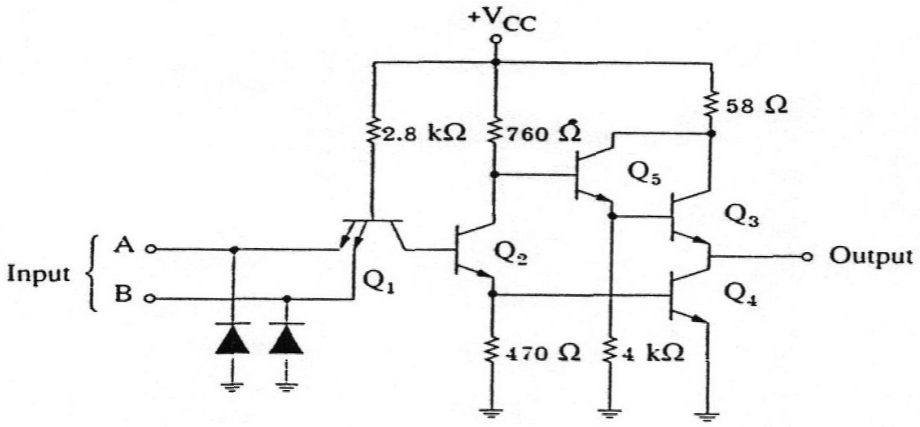
ขณะแรงดันอินพุตเป็น “LOW” กระแส IIL จะไหลออกจากขาอินพุตของวงจรไอซี โดยที่กระแส IIL มีค่ามากว่า IIH (IIL=1.1 mA) เนื่องจากเป็นช่วงไบแอสตรงของไดโอด (สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 94-95)

3.2 Low – Power TTL

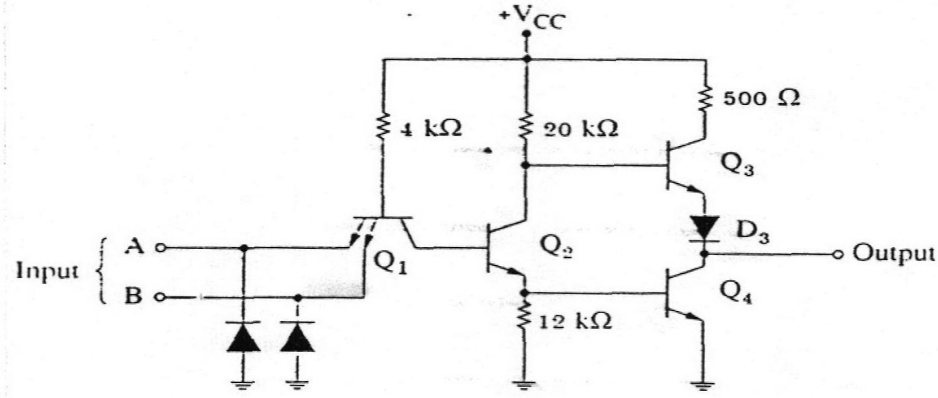
Low – Power TTL เป็นชนิดที่ลดค่าพลังงานลง 1/10 จากรุ่น Standard TTL (เพิ่มค่าResistor ภายใน) แต่ความเร็วในการใช้งานจะต่ำกว่า TTL มาตรฐานประมาณ 3 เท่า ตัวอักษรที่ใช้คือ L เช่น 54L04

3.3 High - Speed TTL

High - Speed TTL พัฒนามาจาก Standard TTL เป็นการเพิ่มตัวขับทางด้านเอาต์พุต (Output - Driver) และเพิ่มความเร็ว (Double Switching Speed) ซึ่งความเร็วในการทำงานจะสูงกว่า TTL มาตรฐานประมาณ 2 เท่า แต่พลังงานก็ใช้มากขึ้นตัวอักษรที่กำหนดประเภทนี้คือ H ตัวอย่างเช่น 74H04, 54H04 เป็น High – Speed Inverter (อุทัย สุขสิงห์. 2543 : 54) ซึ่ง วัฒนา แก้วดุก (2546 : 88 - 89) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของ TTL Gate ประเภท Low – Power (L) และ High – Speed (H) ไว้ว่า เมื่อพิจารณาภาพประกอบที่ 18 (ก) แสดงถึงวงจรของ NAND Gate เบอร์74H00 2 อินพุต เป็นประเภท High - Speed ค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจร จะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานในวงจรภาพประกอบที่ 18 (ก) และความแตกต่างอีกจุดหนึ่งคือ TTL Gate ประเภท High - Speed จะมีทรานซิสเตอร์ Q5 เพิ่มเข้ามา ทรานซิสเตอร์ Q5 ทำหน้าที่ขับทรานซิสเตอร์ Q3 ลักษณะการต่อระหว่างทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q5 เรียกว่าการต่อแบบ Darlington Pair จุดประสงค์เพื่อต้องการเพิ่มเกณฑ์การขยายของกระแสไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น และสามารถทำให้การเปลี่ยนจากค่าระดับสัญญาณลอจิก “0” เป็น “1” เร็วขึ้น การต่อทรานซิสเตอร์ Q5 เข้ากับทรานซิสเตอร์ Q3 ในลักษณะนี้ เป็นผลทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นทำงานที่ขา Base ของทรานซิสเตอร์ Q5 มีค่าสูงขึ้นเป็น 1.4 ซึ่งทำให้เราไม่จำเป็นต้องต่อไดโอดเข้าทางเอาต์พุต Totem Poleในภาพประกอบที่ 18 (ข) เป็น NAND Gate เบอร์ 74L00 2 อินพุตประเภท Low – Power ความแตกต่างของ TTL Gate ประเภทนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับ TTL Gate มาตรฐานในภาพประกอบที่ 18 (ก) ค่าความต้านทานของตัวต้านทานจะมีค่าสูงกว่ามาก การประหยัดกระแสไฟฟ้าเช่นนี้ ทำให้ความเร็วในการสวิตช์ชิงเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานลดลง



(ก) NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74H00



(ข) NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74L00

ภาพประกอบ 18 แสดงโครงสร้างของTTL Gate ประเภท Low – Power (L) และ High – Speed (H)
(วัฒนา แก้วดุก. 2546 : 89)

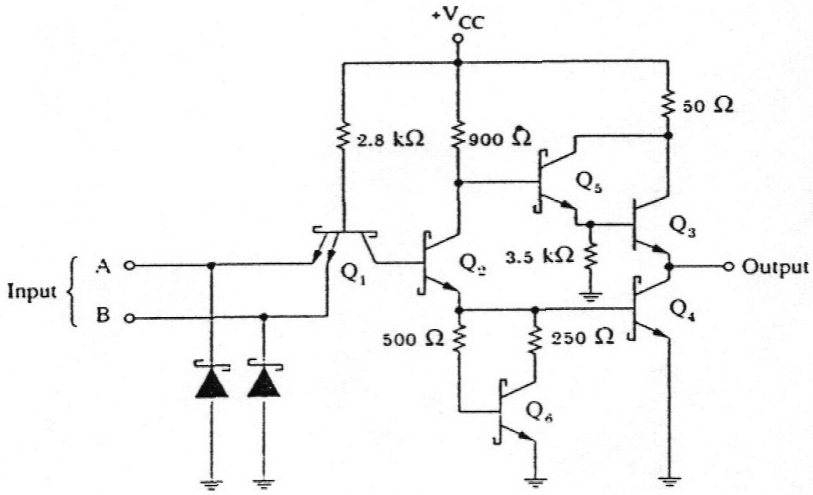
3.4 Schottky TTL

Schottky TTL อักษรบอกกลุ่มคือ S เช่น 74S00 หมายถึงเกต NAND แบบซอตต์กี ภายในวงจรรวมใช้ทรานซิสเตอร์แบบซอตต์กี ทำให้ความเร็วในการทำงานสูงกว่า TTL มาตรฐานถึง 3 เท่า โดยที่กำลังใช้งานมากกว่า 2 เท่า

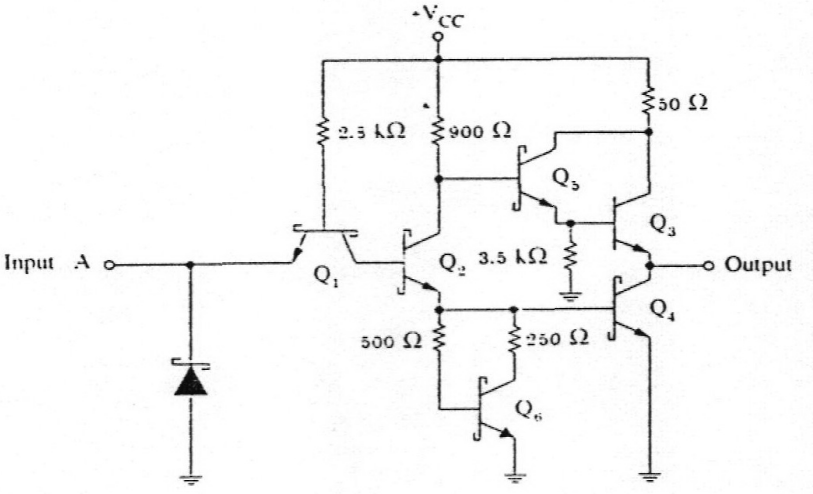
3.5 Low Power Schottky TTL

Low Power Schottky TTL อักษรบอกกลุ่ม คือ LS เช่น 74LS00 หมายถึงเกต NAND แบบซอตต์กี กำลังต่ำ TTL ในกลุ่มนี้ใช้งานได้ความเร็วเท่ากับ มาตรฐาน แต่กำลังใช้งานต่ำกว่าเหลือเพียง 1/5 เท่านั้น (สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 119) ซึ่ง วัฒนา แก้วดุก (2546 : 89 - 91) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของ TTL Gate ประเภท Schottky และ Low Power Schottky ไว้ว่า โดยโครงสร้างภายในของไดโอดประเภท

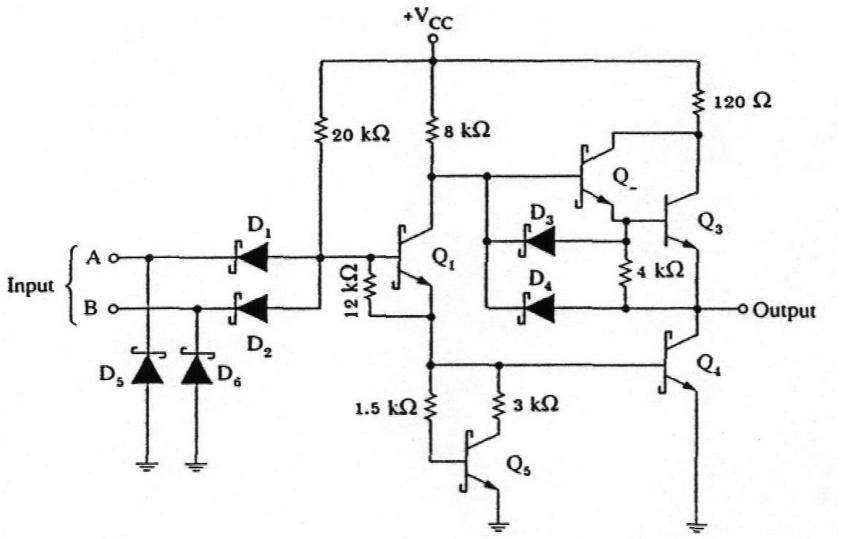
Schottky จะมีค่าคาปาซิแตนซ์ที่น้อยมาก และมีช่วง เวลาการฟื้นตัวของการทำงานที่สั้นมาก (Recovery Time) สารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างเป็น Schottky จะสามารถเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานได้อย่างรวดเร็ว โดยปราศจากค่า Storage Time Delays ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่สูงขึ้น ในภาพประกอบที่ 19 (ก) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของวงจร NAND Gate ประเภท Schottky เบอร์ 74S04 ทรานซิสเตอร์และไดโอดภายในลอจิกเกตจะมีโครงสร้างเป็น Schottky ยกเว้นทรานซิสเตอร์ Q3 (เพื่อไม่ต้องการให้ทรานซิสเตอร์ Q3 สามารถทำงานในลักษณะสวิตช์ต่อได้เต็มที่) ทรานซิสเตอร์ Q6 จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q4 และจะร่วมกันทำให้ทรานซิสเตอร์ Q4 สามารถเปลี่ยนสภาวะการทำงานจากลักษณะสวิตช์ต่อเป็นสวิตช์ตัด (Cut off) ได้อย่างรวดเร็ว ภาพประกอบที่ 19 (ข) เป็นอินเวอร์เตอร์เบอร์ 74S04



(ก) NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74S00



(ข) อินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74S04



(ก) NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74LS00

ภาพประกอบ 19 แสดงโครงสร้าง TTL Gate ประเภท Schottky และ Low Power Schottky (วัฒนา แก้วดุก. 2546 : 89-90)

จากภาพประกอบที่ 19 (ค) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของวงจร NAND Gate 2 อินพุต ประเภท Low Power Schottky ทางด้านอินพุตของ NAND Gate จะไม่ใช้ Multiple-Emitter แต่จะใช้ไดโอด D1,D2 และตัวต้านทาน 20 KΩ แทน ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์ ภาคเอาต์พุตเป็น Totem Pole มีลักษณะเหมือนกับวงจรดังภาพประกอบที่ แต่ค่าความต้านทานของตัวต้านทานใน TTL Low Power Schottky จะมีค่าสูงกว่า ไดโอด D3 และ D4 และตัวต้านทาน 4 KΩ มีหน้าที่ร่วมเก็นประจุและคายประจุในกรณีที่โหลดมีคุณสมบัติเป็นคาปาซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ D3 และ D4 ทำงานอยู่ในลักษณะเก็บประจุ

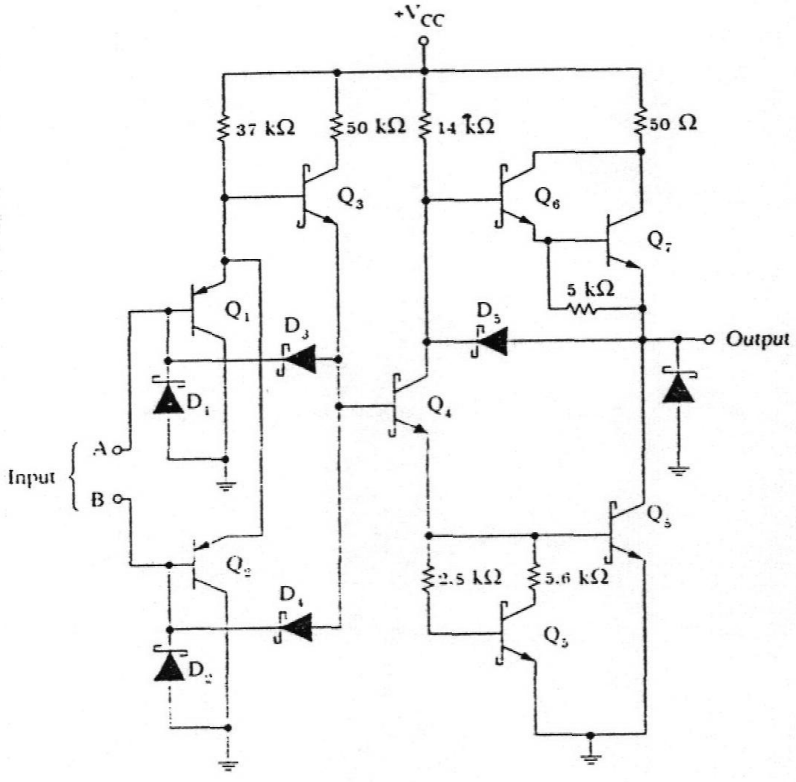
3.6 Advanced Schotty TTL

Advanced Schotty TTL เป็น Schotty รุ่นใหม่ ความเร็วเพิ่มขึ้น มีค่าเวลาประวิงของเกตเฉลี่ยประมาณ 1 ns เมื่อขับโหลด 50 pF/2 KΩ และลดพลังงานลงกว่าครึ่งหนึ่งของรุ่นมาตรฐาน เครื่องหมายที่กำหนด IC ชนิดนี้คือ AS เช่น 74AS04, 74AS32

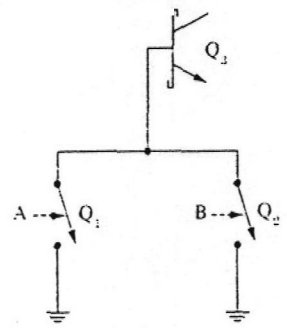
3.7 Advanced Low-Power Schotty TTL

Advanced Low-Power Schotty เป็นรุ่นที่พัฒนาขั้นสูงเกี่ยวกับ การใช้พลังต่ำของ Schotty Diode และมีความเร็งสูงโดยมีความเร็ว 4 ns เครื่องหมายที่ใช้คือ ALS เช่น 74ALS04, 74ALS32 (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. 2542 : 45) ซึ่ง วัฒนา แก้วดุก (2546 : 91 - 93) ได้อธิบายถึงรายระเอียดของ TTL Gate ประเภท Advanced Schotty และ Advanced Low-Power Schotty ไว้ว่า ALS และ AS เป็นอีกก้าวหนึ่งของการพัฒนาให้ NAND Gate มีความสามารถในการทำงานที่เร็วมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องการ

เพิ่มขึ้นของความเร็ว สำหรับการสวิตชิงเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานลดผลของค่าคาปาซิสเตอร์ภายในตัว ลดการใช้กำลังไฟฟ้าลง เพิ่มอัตราส่วนค่า ให้สูงขึ้น เป็นต้น พิจราณาในภาพประกอบที่ 20 (ก) เป็นวงจร NAND Gate 2 อินพุต ประเภท Advanced Low-Power Schotty (ALS) เบอร์ 74AL00 ในภาคอินพุตจะใช้การขนานกันของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 แทนการใช้ทรานซิสเตอร์แบบ Multiple-Emitter เพราะทรานซิสเตอร์แบบธรรมดา (ไม่ใช่ Multiple-Emitter) จะช่วยลดการใช้กระแสไฟฟ้าของ TTL Gate ในช่วงที่อินพุตได้รับสภาวะระดับสัญญาณลอจิกเป็น “0” และเป็นการเพิ่มค่า Fanout ในกรณีอินพุต A และ B ได้รับค่าระดับสัญญาณลอจิกเป็น ทั้งคู่ “0” จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ PNP ทำงาน เพราะว่าขาอิมิตเตอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าบวกมากกว่าที่ขา Base ในภาพประกอบที่ 20 (ข) แสดงให้เห็นว่าวงจรสมมูลอย่างง่ายด้านอินพุต จากวงจรสมมูล สามารถอธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 มีการทำงานเป็นสวิตช์ที่ถูกควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า ถ้าอินพุตใดได้รับค่าระดับสัญญาณลอจิกที่เป็น “0” จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ตัวนั้น ทำงานอยู่ในลักษณะสวิตช์ต่อ เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ Q3 ไม่ทำงาน แต่ในกรณีที่อินพุตทั้ง A และB ได้รับค่าสัญญาณลอจิกเป็น “1” ทั้งคู่จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ ทำงาน Q3 โดยทรานซิสเตอร์ Q3 จะทำหน้าที่ขับทรานซิสเตอร์ Q4 อีกครั้งหนึ่งไดโอด D3 D4 และ D5 ใช้เร่งการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะไม่กระทบต่อผลของค่าระดับสัญญาณลอจิก



(ก) NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74ALS00A



(ข) วงจรสมมูลการทำงานของ NAND Gate 2 อินพุต เบอร์ 74ALS00A

ภาพประกอบ 20 แสดงโครงสร้าง TTL ประเภท ALS และ AS

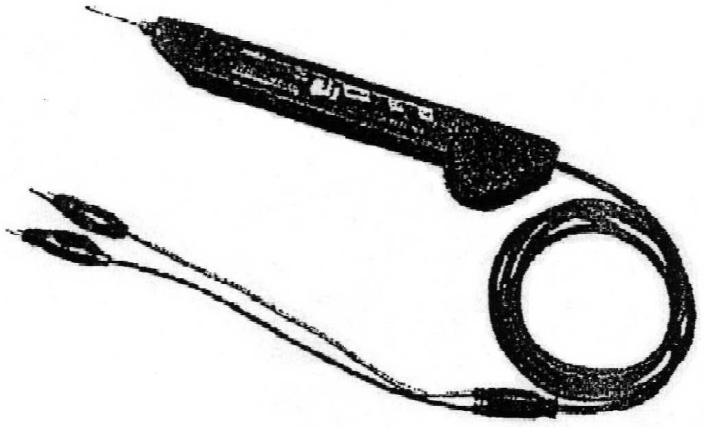
(วัฒนา แก้วดุก. 2546 : 92)

3.8 Fast TTL

Fast TTL เป็นกลุ่มที่มีความเร็วมากกว่า แต่ช้ากว่ากลุ่ม ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า Standard TTL เครื่องหมายที่ใช้ คือ F เช่น 74F04, 74F08 (สุวัฒน์ รอดผล. 2544 : 95)

4. การตรวจสอบ ไอซี ชนิด TTL

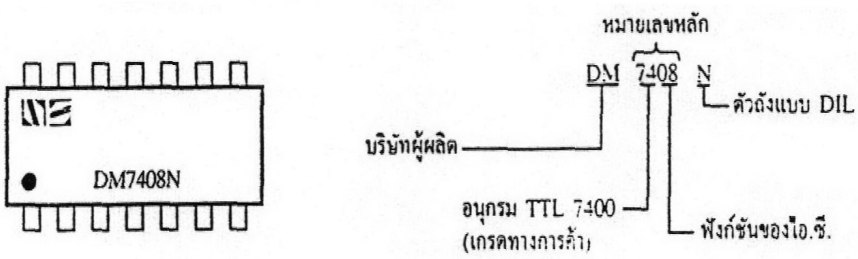
การตรวจสอบ ไอซี ชนิด TTL หมายถึง การวัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดคุณภาพของไอซีชนิด TTL เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ตรวจสอบคือ โพรบลอจิก ดังแสดงในภาพประกอบที่21ซึ่งที่ปลายทำด้วยโลหะ ใช้สัมผัสที่ต้องการวัดบนแผ่นวงจรพิมพ์ โพรบลอจิกต้องต่อแหล่งจ่าย +5และ เข้าที่สายแดงและดำของมัน ที่ตัวของมันจะมีสวิตช์เลือกว่าจะต้องการวัดลอจิกเกตชนิดทีทีแอล หรือซีมอส และมีไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะลอจิกสูงและต่ำ (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 60)



ภาพประกอบ 21 แสดงภาพโพรบลอจิก

(นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 60)

เมื่อพิจารณาลักษณะภายนอกของลอจิกเกตแบบทีทีแอล ด้านบนของตัวงจรรวมจะเห็นตัวอักษรและสัญลักษณ์บริษัทผู้ผลิตอย่างชัดเจน ตัวอักษรเหล่านี้จะบอกถึงเบอร์ของวงจรรวมดังกล่าวและบอกถึงชื่อบริษัทผู้ผลิต ลักษณะของตัวถังที่ได้ทำการบรรจุ ตัวอย่างแสดงในภาพประกอบที่ รหัสของบริษัทผู้ผลิตคืออักษร 2 ตัวแรก เช่น DM คือ ชื่อบริษัท National Semiconductor Corporation (บางครั้งจะใช้อักษรย่อว่า NS) สำหรับตัวเลขตรงกลางคือ 7408 หมายถึงฟังก์ชันของวงจรรวมนี้คือเบอร์ 7408 เป็น 2 อินพุตแอนด์เกต และตัวอักษรตัวสุดท้ายคือ N คือรหัสของบริษัทผู้ผลิตกำหนดว่าเป็นตัวถังแบบ (DIP) (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 60)



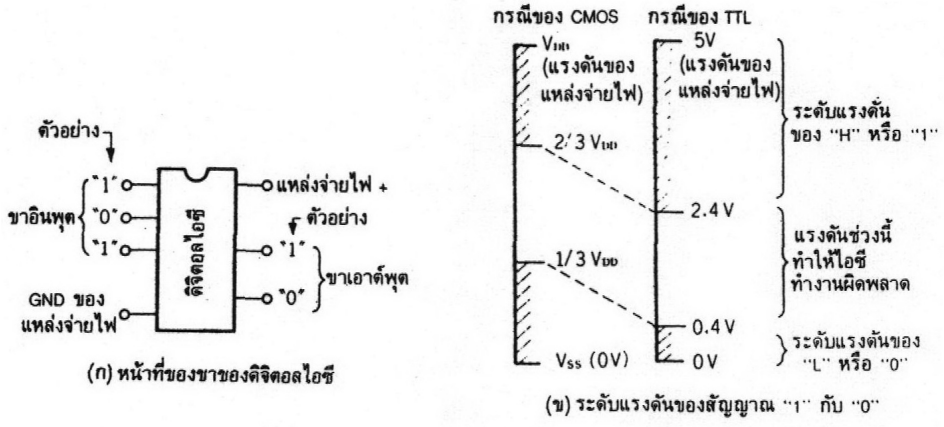
ภาพประกอบ 22 วงจรรวมของ National Semiconductor Corporation (Tokheim :1990)
(นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 60)

4.1 หน้าที่ของขาอินพุทและเอาต์พุต

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดจะต้องมีขั้วต่อวงจรอยู่ 3 ชนิดเสมอคือ ขั้วอินพุทเพื่อรับสัญญาณเข้ามาในวงจร ขั้วเอาต์พุทที่จะส่งสัญญาณออกไปภายนอกไปให้วงจรอื่นต่อไป และขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟซึ่งจะรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟมาเลี้ยงวงจร 3 ขั้วชนิดนี้ในไอซีก็ต้องมีเหมือนกัน ขาของไอซีที่มีอยู่หลายขานั้นมีหน้าที่แบ่งออกเป็น 3 ชนิดเช่นเดียวกันคือ ขาอินพุท ขาเอาต์พุต และขาต่อแหล่งจ่ายไฟ นอกจากนั้นไอซีบางตัวอาจมีขาสำหรับต่ออุปกรณ์ภายนอก เช่นตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ (กฤษดา วิศวธีรานนท์ .2536 : 18) เนื่องจากว่าในวงจรดิจิตอลมีการทำงานในลักษณะคล้ายกับสวิทช์ จึงมีสถานะอยู่เพียง 2 สถานะคือ สถานะนำกระแส (ON) กับสถานะหยุดนำกระแส (OFF) ถ้าป้อนข้อมูลให้กับอินพุทมีความสอดคล้องกับเงื่อนไข ภายในวงจรก็สามารถนำกระแสได้ตามเงื่อนไข ถ้าข้อมูลที่ป้อนเข้าไปไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขวงจรนั้น ๆ ก็ไม่สามารถนำกระแสได้ การทำงานด้วย ลอจิก (Logic) นั่นคือ ถ้าให้ ลอจิก “1” เป็นรหัสในกรณีที่วงจรสามารถนำกระแส ให้ลอจิก “0” เป็นรหัสในกรณีที่วงจรไม่นำกระแส เราสามารถจะพูดได้ว่าลอจิก “1” หมายถึงสวิทช์ ON ทำให้เอาท์พุทมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ถ้าโลจิก “0” หมายถึงสวิทช์ OFF ทำให้เอาท์พุทมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นศูนย์ หรือลอจิก “1” คือ ไฟสูง (H = High) ลอจิก “0” คือ ไฟต่ำ (L = Low) (เจน สงสมพันธุ์. 2531 : 251)

ในกรณีเปรียบเทียบวงจรที่ใช้ไอซีดิจิตอลระหว่าง TTL กับ CMOS นั้น ระดับแรงดันที่เป็น “1” กับ “0” นั้นจะแตกต่างกัน ในภาพประกอบ 23 กรณี TTL นั้นใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดัน 5 โวลท์ สัญญาณ

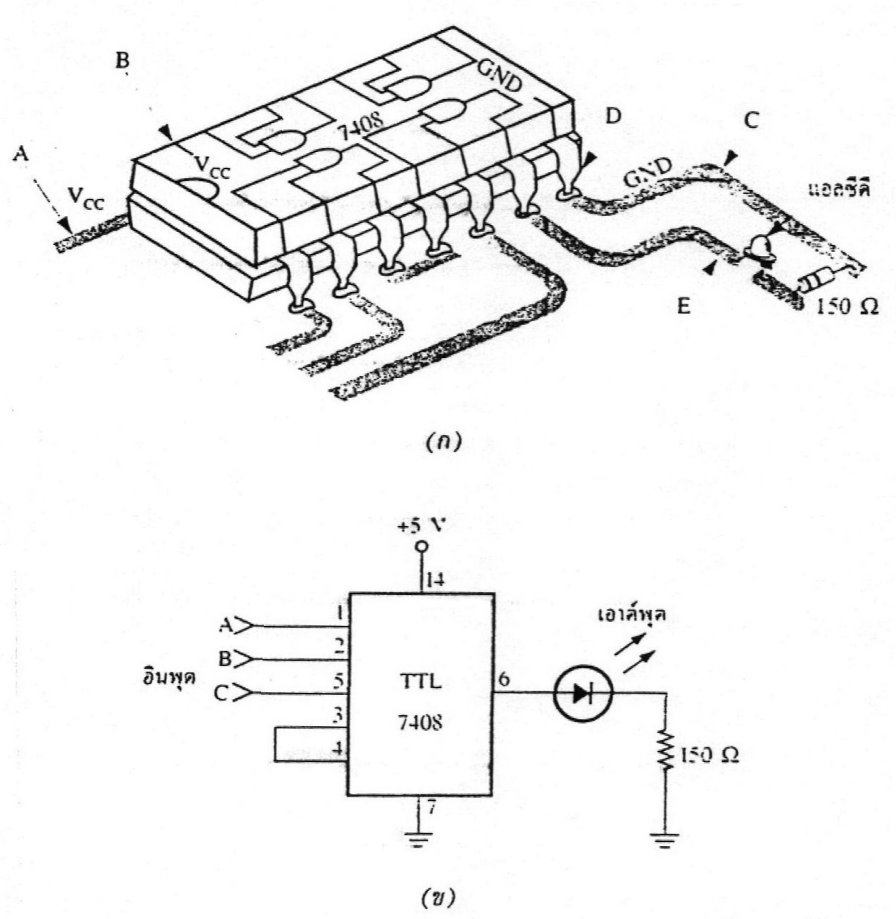
1 จะมีระดับแรงดันตั้งแต่ + 2.4 ถึง + 5 โวลท์ ในขณะที่สัญญาณ “0” มีระดับแรงดันระหว่าง + 0.0 ถึง + 0.4 โวลท์ สำหรับกรณีของ CMOS นั้นแรงดันของแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ได้มีตั้งแต่ 3-16 โวลท์ซึ่งกว้างมาก สัญญาณ 1 จะมีระดับแรงดันระหว่าง 2/3 ของแหล่งจ่ายไฟขึ้นไป และสัญญาณ “0” จะมีแรงดันตั้งแต่ 0 ถึง 1/3 ของแหล่งจ่ายไฟคือสมมติให้ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์กับ CMOS ไอซี ก็จะได้ว่า สัญญาณ 1 มีระดับแรงดันระหว่าง 3.3-5 โวลท์ และสัญญาณ “0” มีระดับแรงดันระหว่าง 0-1.6 โวลท์ (กฤษดา วิศวธีรานนท์ . 2536 : 18)



ภาพประกอบ 23 ระดับสัญญาณของ TTL และ CMOS
(กฤษดา วิศวธีรานนท์ . 2536 : 19)

จะเห็นว่าสัญญาณ “1” กับ “0” จะมีค่าแรงดันอยู่ในช่วงของแรงดันระดับหนึ่ง ในช่วงที่กำหนดสัญญาณจะมีแรงดันเท่าใดก็ได้ ไอซีดิจิตอลก็สามารถรับรู้ว่าเป็นสัญญาณ “1” หรือ “0” ได้โดยไม่ผิดพลาด คุณสมบัติข้อนี้เป็นข้อดีมากอย่างหนึ่งของวงจรดิจิตอล เมื่อเทียบกับวงจรอะนาลอกซึ่งถือระดับแรงดันของสัญญาณเป็นข้อมูลสำคัญ ระดับของสัญญาณ “1” กับ “0” นี้บางครั้งเราเรียกว่าระดับลอจิก (Logic Level) เช่น เรียกว่า ลอจิกสูง ลอจิกต่ำ (กฤษดา วิศวธีรานนท์ . 2536 : 19)

การตรวจซ่อมวงจรลอจิกที่ติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 24 (ก) ต้องทราบว่าเป็นลอจิกเกตชนิดซีมอสหรือทีทีแอล ต้องดูคู่มือว่าตำแหน่งของแรงดันไบแอส (Vccและ GND) อยู่ที่ขา 14 และ 7 ดังนั้นต้องวัดแรงดันไบแอสก่อนว่ามีขนาด + 5V และ 0V หรือไม่ ต่อไปต้องพิจารณาว่าวงจรลอจิกในแผ่นวงจรพิมพ์ต่อไว้อย่างไร และสเก็ตช์ภาพวงจรออกมา ดังภาพประกอบ 24 (ข) จะเห็นว่าแอนด์เกตตัวที่ 1 ต่อเอาต์พุตเข้ากับอินพุตหนึ่งของแอนด์เกตตัวที่ 2 แสดงว่าคือแอนด์เกต 3 อินพุต โดยสร้างจากแอนด์เกต 2 อินพุต 2 ตัว ดังนั้นอินพุตสามของมันคือ A,B และ C (ขา1,2และ5) เอาต์พุตคือขา 6 ต่อกับไดโอดเปล่งแสง (LED) และตัวต้านทานจำกัดกระแสค่า 150 วงจรนี้เมื่อต่อไฟเลี้ยงเข้าที่ขา 7 และ 14 จะเป็นผลให้ไดโอดเปล่งแสงติดสว่าง ถ้าไดโอดเปล่งแสงดับตรวจสอบใหม่ว่าวัดถูกหรือไม่ (นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 69)

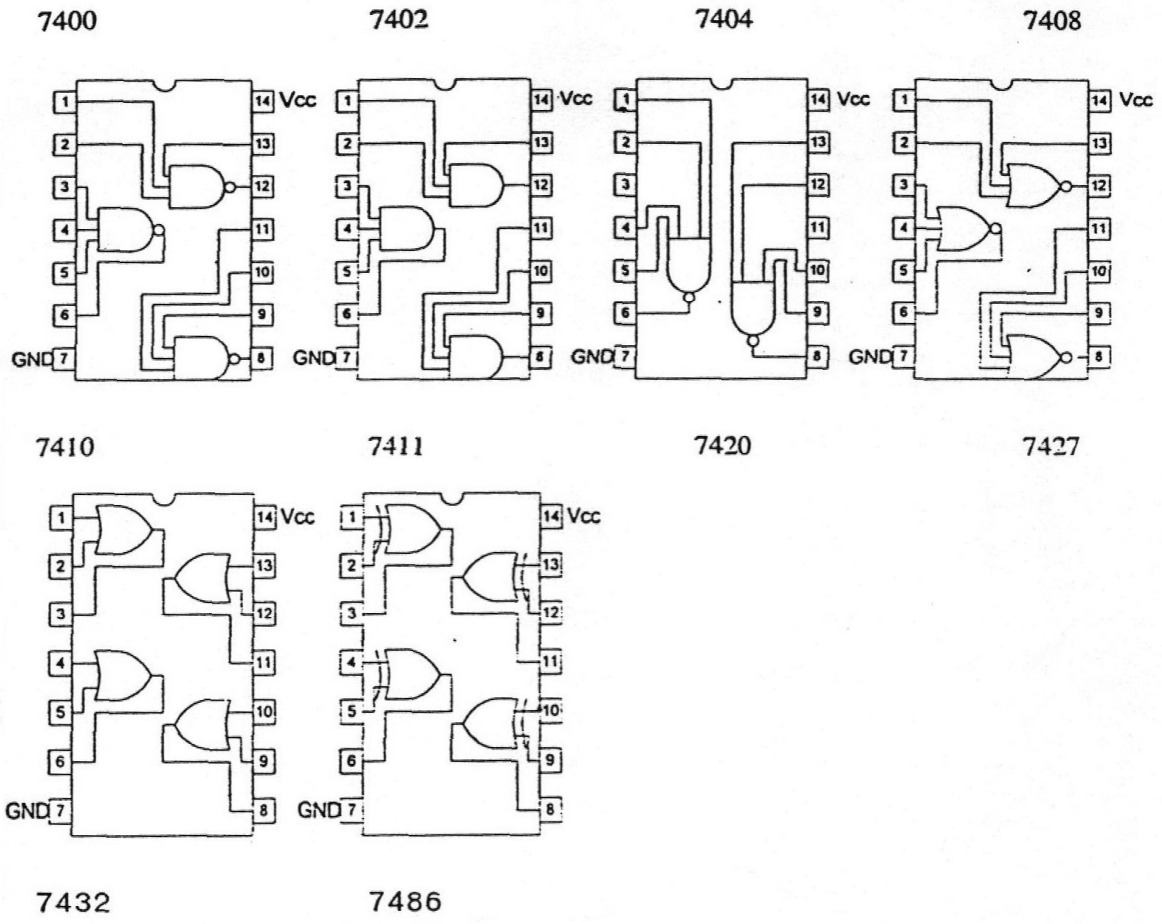


ภาพประกอบ 24 แสดงวงจรดิจิตอลตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์และการตรวจสอบวงจร(Tokheim :1990)
(นภัทร วัจนเทพินทร์. 2545 : 69)

สรุป ไอซีดิจิตอลคือองค์ประกอบวงจรชนิดหนึ่งซึ่งเมื่อป้อนสัญญาณ “1” หรือ “0” เข้าที่ขาอิพุทแล้ว ไอซีจะรับสัญญาณนี้เข้าไปจัดการภายในตามคุณสมบัติของตัวมัน เมื่อได้ผลจะส่งสัญญาณ “1” และ “0” อีกเช่นกันมาที่ขาเอาต์พุท การสลับสัญญาณ “1” กับ “0” เข้าที่ ขาอินพุททำให้เกิดกรณีต่าง ๆ ของสัญญาณเข้า สัญญาณออกที่ได้ก็จะมีลอจิกที่แตกต่างไป

ส่วนการใช้งานวงจรรวมจะต้องป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจรด้วย วงจรรวมตระกูล TTL จะใช้ไฟเลี้ยงวงจรเป็นไฟกระแสตรง + 5 โวลท์โดยต่อเข้าไปที่ขาซึ่งมีชื่อ Vcc กำกับอยู่ และขาที่มีชื่อ GND ให้ต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร ในกรณีที่วงจรประกอบด้วยวงจรรวมหลายตัวจะสามารถจ่ายไฟเลี้ยงวงจร +5 โวลท์ให้กับวงจรรวมจากแหล่งจ่ายหลายแหล่งก็ได้ แต่ที่สำคัญคือกราวด์ของแหล่งจ่ายทุกแหล่งและขา ของวงจรรวมทุกตัวจะต้องต่อเข้าด้วยกัน

วงจรรวมแบบ TTL ที่ใช้งานกันมากมีตัวอย่างแผนภาพของการจัดเรียงเกตภายในกับการต่อจุดสัญญาณมายังขาภายนอก ดังแสดงในภาพประกอบที่ 25 (สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 63)



ภาพประกอบ 25 แสดงแผนภาพการจัดเกทภายในและการต่อจุดสัญญาณมายังขาภายนอก
(สุเจตน์ จันทรังษ์. 2539 : 63)

จากเอกสารดังกล่าวเป็นการรบรวมข้อมูลเกี่ยวกับไอซีในแบบต่าง ๆ เพื่อพื้นฐานทำงานวิจัยเรื่อง เครื่องตรวจสอบไอซีชนิดTTL โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาทางจอ LCD โดยงานวิจัยเครื่องตรวจสอบนี้สามารถตรวจสอบได้เฉพาะไอซีชนิดTTL ซึ่งมีคุณลักษณะของไอซี ทีทีแอล ดังนี้

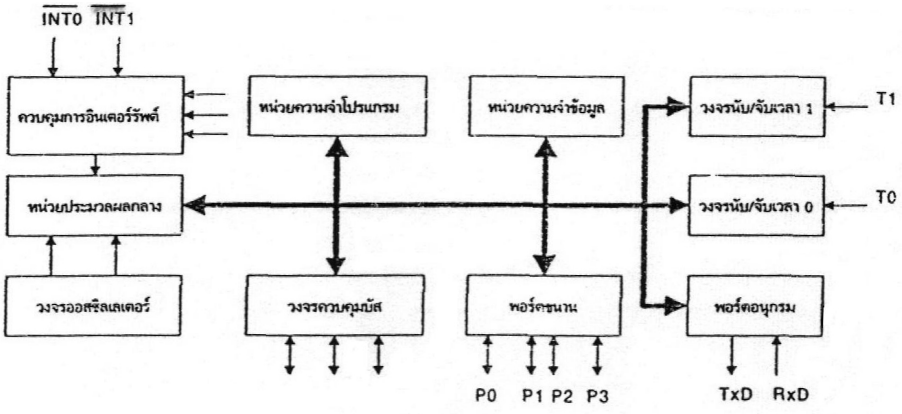
1. ส่วนมากจะขึ้นต้นด้วย 74 แล้วตามด้วยตัวเลขอีกอย่างน้อย 2 ตัว เราเรียกนัมเบอร์พวกนี้ว่าทีทีแอลตระกูล 7400 หรือถ้าขึ้นต้นด้วย 54 เราจะเรียกว่าตระกูล 5400 อย่างเช่น 7495 5493
2. ตระกูล 7400 จะทำงานได้ดีที่สุดในอุณหภูมิ 0-70 C ตระกูล 5400 จะทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ –55 ถึง 125 C
3. ต้องต่อแหล่งจ่ายแรงดันคงที่ ที่ไฟ 5 โวลท์ มีค่า Maximum Rating 7 โวลท์
4. ทำมาจากทรานซิสเตอร์
5. กินกระแสไม่คงที่ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไอซี

5. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิกรวมถึงวงจรสัญญาณนาฬิกาโดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการควบคุมต่าง ๆ แทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 ที่ใช้เรียนรู้ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ จะอ้างถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (flash memory) ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (อุดม จีนประดับ. 2541 : 1) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 7-8)



ภาพประกอบ 26 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

(อุดม จีนประดับ. 2541 : 2)

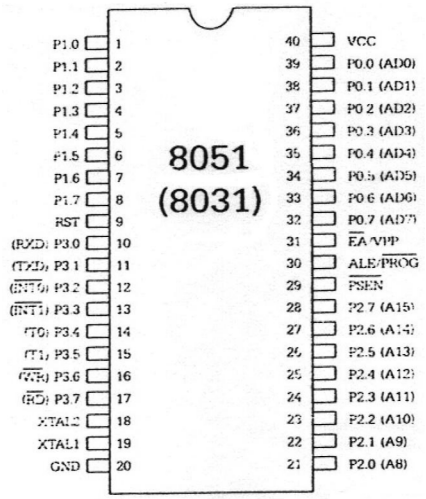
ในภาพประกอบ 26 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช ที่เพิ่มเติมเข้ามาทำให้แตกต่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล .2538 : 8)

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่ละเบอร์ที่ Atmel ผลิตขึ้น และมีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล .2538 : 13)

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/ เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

5.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในภาพประกอบ 27 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้



ภาพประกอบ 27 การจัดขาของ 8051

(ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 48)

5.1.1 $\mathbf{V_{cc}}$ เป็นขาที่ 40 ใช้ต่อกับแหล่งกำเนิดแรงดัน + 5V

5.1.2 **GND** เป็นขาที่ 20 ใช้ต่อกับกราวด์ (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 48)

5.1.3 **Port** 0 มี 8 ขาอยู่ที่ขา 32 ถึง 39 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทางแบบ Open drain ขนาด 8 บิต PO.1 – PO.7 เมื่อใช้เป็นเอาต์พุตสามารถต่อกับไอซี TTL ตระกูล LS ได้ 8 ตัว เมื่อต้องการใช้งานเป็นอินพุตต้องส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้ลอยซึ่งจะเป็นอิมพีแดนซ์สูงพอร์ต P0 จะทำงานอีกหน้าที่หนึ่ง คือ เป็นมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำ และสัญญาณข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกการทำงานในลักษณะนี้จะใช้การพูลอัพ (Pull up) จากภายในที่สามารถจ่ายกระแสให้กับอินพุตของ TTL ได้ 8 ตัว นอกจาก 2 หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต P0 ยังใช้เป็นตัวรับข้อมูลในช่วงโปรแกรม EPROM และเป็นตัวส่งข้อมูลออกมาในช่วงการตรวจสอบโปรแกรมภายใน ROM หรือ EPROM ซึ่งจะต้องใช้พูลอัพจากภายนอกในขณะทำการตรวจสอบโปรแกรม (อุดม จีนประดับ. 2541 : 7)

5.1.4 **Port 1** อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป มีพูลอับอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระ LS ได้ 4 ตัว ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 10)

5.1.5 **Port 2** อยู่ที่ขา 21 ถึง 28 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก “1” ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อทำให้เกิดการพูลอัพภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น “0” จะทำให้พอร์ต P2 จ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายในในระหว่างการติดต่อกับโปรแกรมภายนอก หรือการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่มีการอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิต พอร์ต P2 จะส่งตำแหน่งไบต์สูงออกไป ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะมีการพูลอัพภายในอยู่ ในช่วงของการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ 8 บิต (คำสั่ง MOVX @ Ri) สัญญาณที่ขาของพอร์ต P2 จะมีค่าเท่ากับรีจีสเตอร์ P2 ที่อยู่ใน SFR นอกจากนี้พอร์ต P2 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งไบต์สูง ในช่วงของการโปรแกรม EPROM และการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM และ EPROM อีกด้วย (อุดม จีนประดับ. 2541 : 8-9)

5.1.6 **Port 3** อยู่ที่ขา 10 ถึง 17 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขาพอร์ต 3 นี้เป็นพอร์ตขนาดแบบ 8 บิต เช่นกัน สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตเช่น P1 และ P2 ได้ ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผล

ให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง นอกจากนี้พอร์ต P3 ในแต่ละบิตได้ออกแบบไว้ให้ใช้งานเป็นพอร์ตควบคุมอีกด้วย โดยหน้าที่ของแต่ละบิตแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พอร์ต P3 และการทำงานแต่ละบิต (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 53)

ชื่อฟังก์ชัน	บิต	ขา	ลักษณะการใช้งาน
P3.0	RxD	10	ใช้เป็นขารับข้อมูลเข้าแบบอนุกรม
P3.1	TxD	11	ใช้เป็นขาส่งข้อมูลออกแบบอนุกรม
P3.2	INT0	12	ใช้เป็นขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1	13	ใช้เป็นขารับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	14	ใช้รับสัญญาณจากภายนอกของตัวไทเมอร์หมายเลข 0
P3.5	T1	15	ใช้รับสัญญาณจากภายนอกของตัวไทเมอร์หมายเลข 1
P3.6	WR	16	เป็นสัญญาณที่ใช้เขียนข้อมูลลงหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	17	เป็นสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

จากการศึกษาเรื่องพอร์ตของ MCS-51 มาทั้งหมดจะพบว่ามีพอร์ตขนานให้เลือกใช้ถึง 4 พอร์ต แม้ว่าพอร์ต P1, P2 และ P3 จะมีตัวต้านทานต่อพูลอัพอยู่ภายใน แต่เนื่องจากตัวต้านทานตัวนี้มีค่ามาก (ประมาณ 50 k) ทำให้แต่ละบิตขับกระแสภายนอกได้ไม่มากนัก ในการใช้งานทั่วไปแล้วถ้าต้องการนำพอร์ตเหล่านี้ขับกระแสให้กับวงจรภายนอก มักจะต้องต่อไอซีที่เป็นบัฟเฟอร์เพิ่มเข้าไป หรือนำตัวต้านทานขนาด 1k ต่อขนานอยู่ภายนอก เพื่อให้สามารถขับกระแสได้มากขึ้น ถ้าต้องการใช้งานพอร์ตขนานเพียงพอร์ตเดียว ควรจะเลือกใช้พอร์ต P1 มากที่สุด เนื่องจากพอร์ตตัวนี้จะไม่ถูกใช้ในหน้าที่อื่น ๆ อีก (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 53)

5.1.7 **ขารีเซต (Reset)** ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การรีเซต MCS-51 มีสองแบบคือ การรีเซตเมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟให้กับวงจรเรียกว่า Power-Onreset อีกวิธี เป็นการรีเซตเมื่อมีการจ่ายไฟให้กับวงจรอยู่แล้ว โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญานาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่อง ไปอย่างเป็นปกติ (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 12)

5.1.8 **ALE / $\overline{\text{PROG}}$: (Address Latch Enable)** เป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งออกไปเป็นพัลส์เพื่อแลทช์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำที่อยู่ที่พอร์ต P0 ในขณะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกสัญญาณนี้ จะถูกส่งออกไปด้วยอัตราคงที่คือ 1/6 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณนาฬิกา ให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ สัญญาณพัลส์นี้จะถูกข้ามไป 1 พัลส์เมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) และ

สัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตเพื่อควบคุมโปรแกรม PROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย (อุดม จีนประดับ. 2541 : 6)

5.1.9 **ขา PSEN (Program store Enable)** เป็นเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณสโตบ(พัลส์ต่ำ) โดย ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณ เพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล.2538:12)

5.1.10 **EA (External Access)** ตามที่ทราบมาแล้วว่า MCS-51 บางรุ่นมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิป เช่น 8751, 89C51 เป็นต้น บางรุ่นต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เช่น 8301, 8032 เป็นต้น ถ้าหากขา EA นี้ต่อกับลอจิก “ 1 ” หมายความว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายในชิป แต่ถ้าเป็น MCS-51 ที่มีหน่วยความจำ ROM อยู่ภายนอก ขา EA นี้ต้องต่อลง GND ให้เป็นลอจิก “ 0 ” เสมอ เพื่อให้ทำโปรแกรมที่อยู่ใน ROM ภายนอกชิป (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 50)

5.1.11 **XTAL1** เป็นอินพุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

5.1.12 **XTAL2** เป็นเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวิร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา (อุดม จีนประดับ. 2541 : 5)

5.2 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

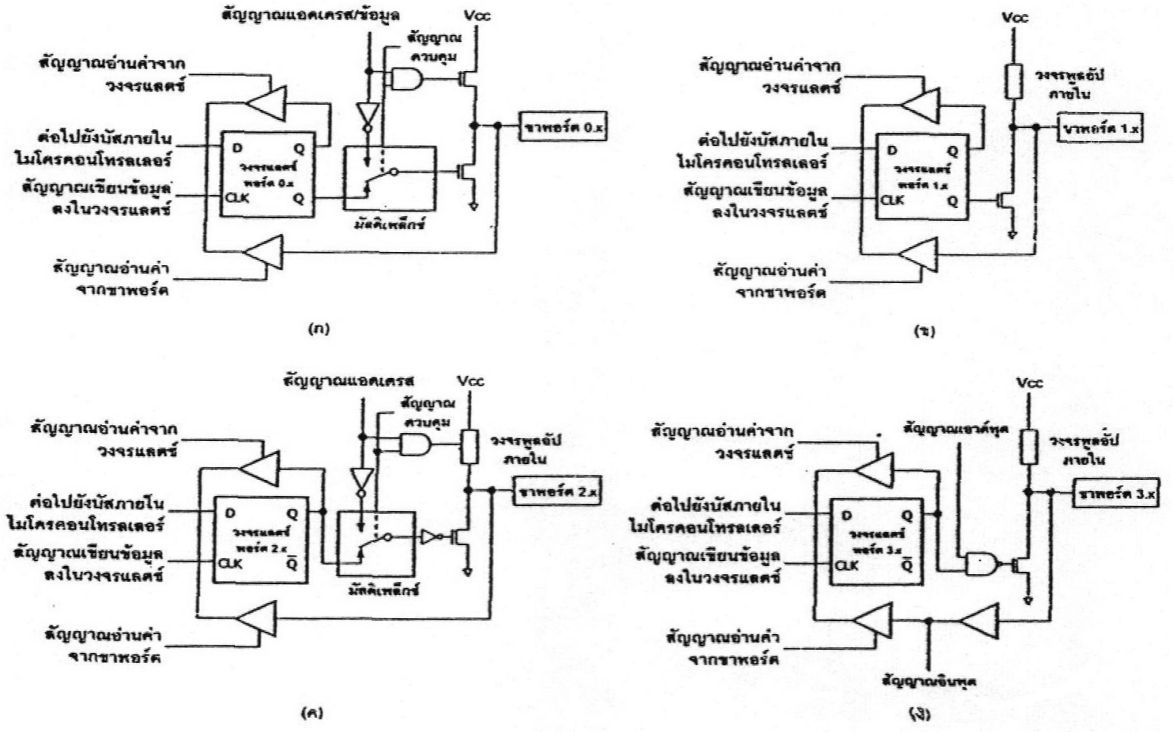
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 13)

ขา	เบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขา
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	ควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	AT89Sxx	ขา SS (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output, Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data input, Slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI



ภาพประกอบ 28 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช
(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 14)

จากภาพประกอบ 28 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยใน ภาพประกอบ 28 (ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์ สามารถกระทำได้

อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอป ในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายในหากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในภาพประกอบ 28 (ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน สำหรับรายละเอียดของวงจรพูลอัปแสดงในรูปที่ 29

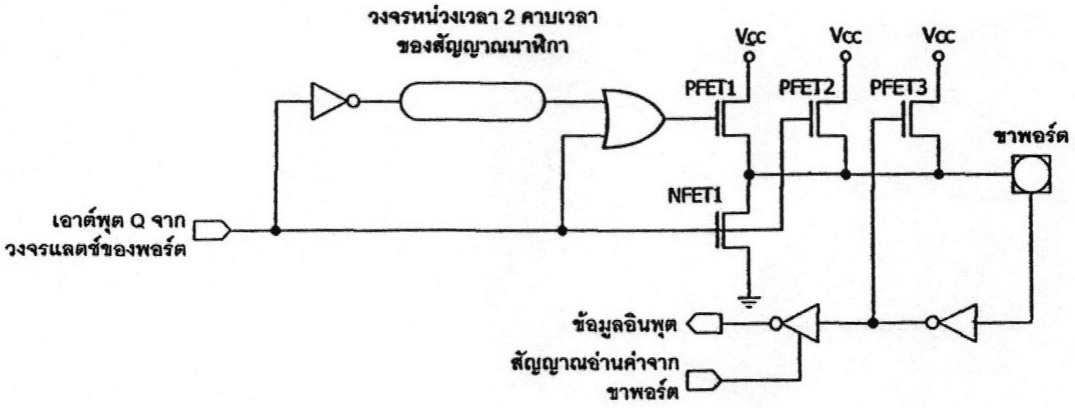
ในภาพประกอบ 28 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจร พูลอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในภาพประกอบ 28 (ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 13-14)

5.2.1 การใช้งานพอร์ต เป็นพอร์ตอินพุต เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนด ลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 13) เชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเข้ากับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เราสามารถนำสัญญาณที่มีค่าลอจิก “0” หรือ “1” ต่อเข้ากับขาของพอร์ตได้โดยตรงหากอินพุตเป็นสวิตช์ ต้องทำการเปลี่ยนค่าสภาวะของสวิตช์ (on) และ (off) ให้เป็นค่าลอจิก “0” และ “1” ก่อนแล้วจึงต่อเข้ากับพอร์ต (อุดม จีนประดับ.2541 : 180)

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “ 1 ” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญารเอาต์พุตของบิตนั้น ๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “ 1 ” สามารถรับสัญญาณลอจิก “ 0 ” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก “ 0 ” จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “ 0 ” แล้ว) (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล.2538:13)

5.2.2 การใช้งานพอร์ตเป็นเอาต์พุต ในกรณีที่ใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเราสามารถต่อขาต่าง ๆ ของพอร์ตเข้ากับไอซี TTL ได้โดยตรง แต่ 8051 จ่ายกระแสได้ไม่สูง หากต้องการกระแสสูงต้องใช้ไอซีบัฟเฟอร์ช่วยขยายกระแส (อุดม จีนประดับ.2541:171)

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล “ 0 ” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “ 0 ” ขึ้น ในทางตรงข้าม หากต้องการส่งข้อมูล “ 1 ” ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล “ 1 ” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อวงจรพูลอัปภายในเกิดลอจิก “ 1 ” ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมา เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538:14)



ภาพประกอบ 29 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช
(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 15)

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการนใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหา เกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแส จึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 15)

5.3 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะ คือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ ของแต่ละพอร์ต ในกรณีที่พอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล " 1 " ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น " 0 " เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออก แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์ จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริงดังนั้น ในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต จึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 15)

5.4 การทำงานของสแตกในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

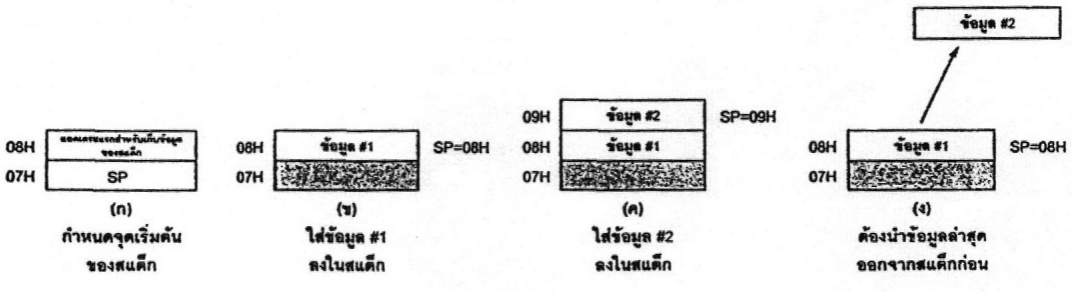
สแตก (Stack) คือชื่อเรียกพื้นที่บางส่วนของหน่วยความจำ ข้อมูลที่สำรองไว้สำหรับเก็บค่าของรีจีสเตอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์บ่อยครั้ง ที่รีจีสเตอร์ตัวหนึ่งต้องทำงานกับข้อมูลหรือเงื่อนไขหลายอย่าง ภายในโปรแกรมควบคุมเดียวกัน และในขณะที่ทำงานอยู่อาจมีความจำเป็นต้องกระโดด หรือเปลี่ยนแปลงแอดเดรสในการทำงานชั่วคราว จะด้วยการถูกขัดจังหวะหรือที่เรียกว่า อินเตอร์รัปต์ หรือการไปทำงานยังโปรแกรมย่อยเนื่องจากเงื่อนไขในการกระโดดเป็นจริง เป็นต้น ข้อมูลสุดท้ายก่อนหน้าที่จะต้องกระโดด หรือถูกขัดจังหวะมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาไว้ เนื่องจากเมื่อไปทำงานที่โปรแกรมย่อยอื่น หรือทำการบริการอินเตอร์รัปต์เรียบร้อยแล้ว จะต้องกลับมาทำงานเดิมต่อไป ข้อมูลสุดท้ายจะต้องถูกเรียกออกมา ใช้เพื่อให้การทำงานยังคงความต่อเนื่องต่อไปได้ (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 16) สแตก เป็นหน่วยความจำ RAM จำนวนหนึ่งที่ CPU จองขึ้นมาสำหรับเก็บข้อมูลและจำตำแหน่งของโปรแกรม ใน MCS-51 จะใช้รีจีสเตอร์ SP (stack pointer) เป็นตัวชี้ตำแหน่งหน่วยความจำที่เป็นสแตก ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าแอดเดรสของ RAM ตำแหน่งใดจะเป็นตำแหน่งที่จะนำข้อมูลเข้าไปเก็บ เมื่อมีการเก็บข้อมูลลงสแตกแล้วค่าของ SP จะเพิ่มขึ้นหนึ่งค่า เพื่อชี้ตำแหน่งถัดไป และเมื่อมีการอ่านข้อมูลออกจากสแตก ค่าของ SP จะลดลงหนึ่งค่า

การโอนย้ายข้อมูลกับสแตกจะใช้คำสั่ง PUSH และ POP โดยคำสั่ง PUSH จะเป็นการนำข้อมูลจากโอเปอแรนด์ที่ตามมาเก็บยังสแตก โดย SP จะเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งค่าก่อนจึงเก็บข้อมูล สำหรับคำสั่ง POP จะเป็นการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำสแตก หลังจากอ่านข้อมูลออกมาแล้ว SP จะลดลงหนึ่งค่า รูปแบบของคำสั่ง PUSH และ POP มีลักษณะดังนี้

รูปแบบ	การทำงาน
PUSH direct	เพิ่มค่า SP และนำค่าในหน่วยความจำแอดเดรส direct เก็บยังหน่วยความจำที่ SP ชี้อยู่
POP direct	อ่านค่าจากตำแหน่งที่ SP ชี้อยู่ มาเก็บในหน่วยความจำแอดเดรส direct และลดค่า SP ลงหนึ่งค่า

เมื่อ MCS-51 เริ่มต้นการทำงานรีจีสเตอร์ SP จะมีค่าเป็น 07H หมายความว่าหน่วยความจำสแตกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสนี้ ซึ่งจะพบว่าในตำแหน่งนี้เป็นแอดเดรสของรีจีสเตอร์ R0 – R7 ในแบงค์ 1 ดังนั้นถ้าหากต้องการใช้รีจีสเตอร์ในแบงค์นี้จะต้องกำหนดให้ SPชี้ไปยังตำแหน่งอื่นเสียก่อน แต่ไม่ควรให้หน่วยความจำสแตกอยู่ในช่วงแอดเดรส 20H – 2FH เนื่องจากเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดให้สแตกอยู่ในช่วงแอดเดรส 30H – 7FH เนื่องจากเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำ ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดให้สแตกอยู่ในช่วงแอดเดรส 30H – 7FH ของ RAM ภายใน โดยใช้คำสั่ง MOV SP, #XX เมื่อ XX เป็นแอดเดรสที่กำหนด (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546 : 28-29)

5.4.1 จุดเริ่มต้นของสแตก เริ่มที่ตำแหน่งได้ก็ได้ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูล แต่ที่นิยมทั่วไปจะยึดจากรีจีสเตอร์ชี้ตำแหน่งของสแตกหรือสแตกพอยน์เตอร์ (SP : Stack Pointer) ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษตัวหนึ่งมีแอดเดรสสำหรับเก็บข้อมูลตำแหน่งของสแตกอยู่ที่ 81H มีขนาด 8 บิต เมื่อเกิดการรีเซตขึ้นในระบบ ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะเป็น 07H เสมอ ดังนั้น เพื่อให้จดจำได้ง่ายและสะดวกในการเขียน โปรแกรมจึงนิยมกำหนดให้พื้นที่ของสแตกเริ่มต้นทีแอดเดรส 08H ของหน่วยความจำข้อมูลเนื่องจากที่แอดเดรส 07H ถูกใช้โดยรีจีสเตอร์ SP แล้ว



ภาพประกอบ 30 แสดงกระบวนการเก็บและเรียกข้อมูลภายในสแตกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 16)

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงสามารถกำหนดแอดเดรสแรกของสแตกได้ว่า ต้องเป็นแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลที่อยู่ถัดจากแอดเดรสที่ถูกใช้สำหรับรีจีสเตอร์ SP

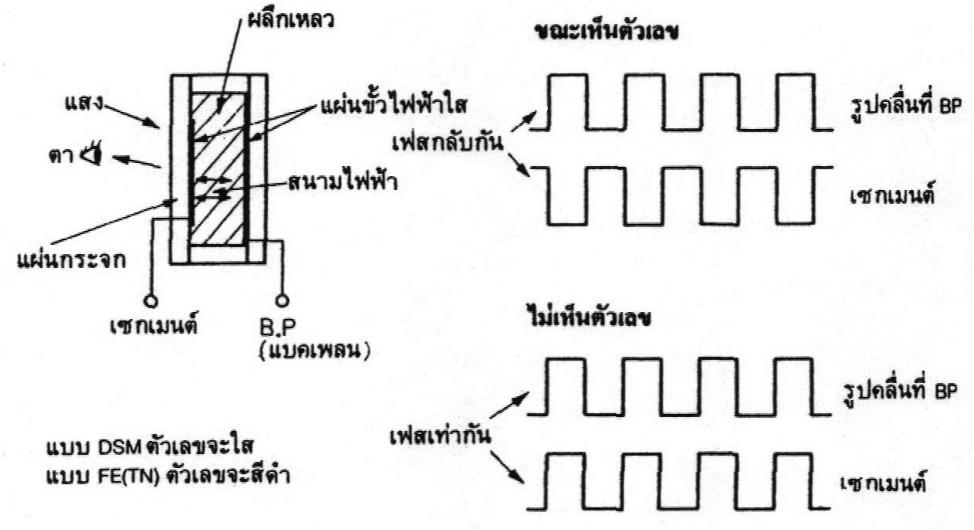
5.4.2 การเก็บข้อมูลลงในสแตกและการอ่านข้อมูลออกจากสแตก เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการเก็บและอ่านข้อมูลกับสแตก ขอให้จำลองภาพว่า สแตกคือกล่องที่มีช่องสำหรับนำของเข้าและออกได้เพียงอย่างเดียว ดังนั้นของชิ้นแรกที่ใส่ลงไปในกล่องจะอยู่ล่างสุด และของที่ใส่ลงไปในลำดับสุดท้ายจะอยู่บนสุด เมื่อต้องการนำของออกจากกล่องจะต้องนำของที่ใส่ลงไปในลำดับสุดท้ายออกมาก่อนเรียงลำดับไปเรื่อย ๆ ของชิ้นสุดท้ายที่นำออกจากกล่องก็คือของชิ้นแรกที่ใส่ลงไปนั่นเอง กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เข้าก่อนออกสุดท้าย หรือ FILO (First In Last Out)

การทำงานของสแตกเหมือนกับการบรรจุของลงกล่องที่มีทางเข้าออกเพียงทางเดียว ข้อมูลที่บรรจุลงในสแตกข้อมูลแรก จะเป็นข้อมูลสุดท้ายที่สามารถเรียกออกไป และข้อมูลสุดท้ายที่เก็บลงในสแตกจะต้องเป็นข้อมูลแรกที่ถูกนำออกไปจากสแตกเสมอ ดังแสดงกระบวนการเก็บและเรียกข้อมูลภายในสแตกตามภาพประกอบ 37 ส่วนการบรรจุข้อมูลลงในสแตกเรียกว่า พุช (Push) เมื่อทำการพุชข้อมูลลงไป รีจีสเตอร์ SP ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นดังนั้นรีจีสเตอร์ SP จึงเป็นตัวบอกถึงตำแหน่งบนสุดของสแตกเสมอ ส่วนการนำข้อมูลออกจากสแตกเรียกว่า ป๊อป (POP) เมื่อทำการป๊อปข้อมูลออกไป ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะลดลง ดังนั้น ผู้ใช้งานจึงต้องระมัดระวังในเรื่องของลำดับการเก็บและเรียกข้อมูลภายในสแตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย และต้องกลับมาทำงานยังตำแหน่งแอดเดรสสุดท้ายก่อนการกระโดดเมื่อเสร็จสิ้นภาระกิจในโปรแกรมย่อยแล้ว (วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2538 : 16)

ในงานวิจัยเครื่องตรวจสอบไอซี (Integrated Circuit :IC) ชนิด TTL : Transistor ครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ตระกูล MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 เพื่อเป็นตัวประมวลผล และเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเขียนโปรแกรม ภาษาแอสเซมบลี ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (flash memory) ของ Atmel Corporation บันทึกข้อมูลขาอินพุต-เอาต์พุตของไอซี (Integrated Circuit :IC) ชนิด TTL : Transistor แต่ละตัวแล้วสามารถแสดงผลยังอุปกรณ์ภายนอก

6. อุปกรณ์แสดงผล

จอแสดงผล LCD ย่อมาจาก Liquid Crystal Display หมายถึง จอที่แสดงผลของการตรวจสอบซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งตัวเลข และตัวอักษรเป็นจอที่มีผลึกเหลวบรรจุอยู่โดยมีแผ่นกระจกวางประกบอยู่ (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 187) ทั้งนี้เพราะในโมดูล LCD นี้จะมีตัวควบคุมอยู่แล้ว เมื่อต้องการแสดงอะไรก็ส่งข้อมูลไปในคอนโทรลเลอร์เหมือนกับการเอาต์พอร์ตธรรมดา (วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิคส์. 2533 : 232-233)



ภาพประกอบ 31 การทำงานของ LCD

(กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 188)

ภาพประกอบ 31 ซึ่งแสดงโครงสร้างภายในของ LCD ถ้ามองแผง LCD ทางด้านข้างจะเห็นแผ่นกระจก 2 แผ่นวางประกบกัน ภายในจะมีผลึกเหลวซึ่งเป็นของเหลวบรรจุอยู่ แผ่นกระจกจะวางประกบกันและผนึกกันจนแน่นไม่มีทางให้อากาศรั่วเข้าไปได้ ด้านในของแผ่นกระจกด้านล่างจะกว้างใหญ่เราเรียกว่า แบคเพลน (back plane) เรียกย่อว่า BP ส่วนแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ปะติดกับกระจกด้านหน้าจะมีรูปร่างตามแบบอักษรหรือตัวเลขที่ต้องการแสดงแผ่นนี้เรียกว่า เซกเมนต์ (segment) แผ่นเซกเมนต์จะมีรูปแบบอย่างไรก็ได้ตามที่เราออกแบบ ดังนั้นนอกจากตัวเลขและตัวอักษรแล้วแผง LCD ยังสามารถแสดงรูปภาพ เช่น ในเครื่องเล่นเกมกด หรือแสดงแท่งกราฟเหมือนในเครื่องคิดเลขได้

โมดูล LCD สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่

- Character LCD module
- Graphic LCD module
- Segment sidplay type LCD module

โดยแต่ละประเภทจะมีส่วนประกอบที่เหมือนกัน คือ

1. จอ LCD แบบด๊อดแมตริกซ์ (dot matrix LCD) เป็นตัวแสดงผลให้เราสามารถในลักษณะการปิดเปิดตัวเองกับแสง ก็คือ ส่วนที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. ไดรเวอร์ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับ LCD อีกทีหนึ่งโดยไดรเวอร์เบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD โมดูล ได้แก่ HD4410H, MSM5259

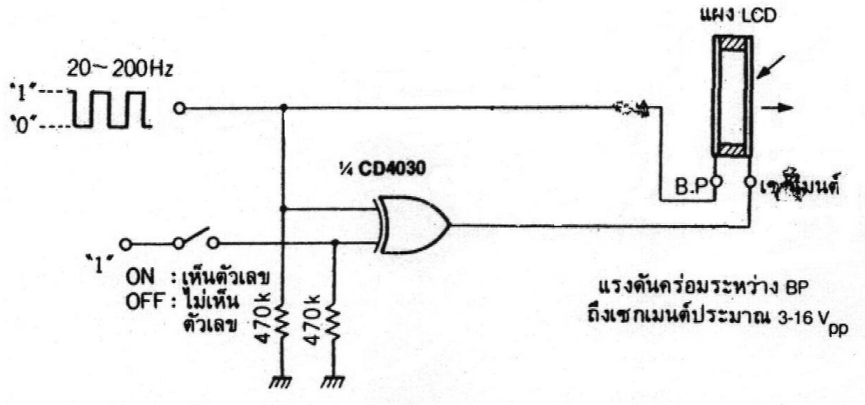
3. คอนโทรลเลอร์ (controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมา และจัดการควบคุม LCD โมดูลให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ, การเกิดตัวอักษร เป็นต้น โดยเบอร์ที่นิยมใช้กันคือ HD44780 ซึ่งใช้ในแบบ character LCD module คือ การแสดงเป็นตัวอักษรเป็น

ส่วนใหญ่ส่วนเบอร์ HD61830 จะใช้ในแบบ graphic LCD module หรือแสดงในลักษณะกราฟฟิกได้

ในการใช้งาน LCD โมดูลนั้น เราต้องทำความเข้าใจในส่วนของคอนโทรลเลอร์ ซึ่ง LCD โมดูลของแต่ละบริษัทมักใช้คอนโทรลเลอร์ที่มีหลักการทำงานเหมือนกัน นอกจากนี้ใน LCD โมดูลแต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการงานแบบเดียวกันทั้งหมด โดยคอนโทรลเลอร์ที่นิยมมากคือ เบอร์ HD44780 คอนโทรลเลอร์เบอร์ HD44780 เป็นไอซี LSI ที่ใช้ในการควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ตัวของมันสามารถต่อใช้งานแบบ 4 บิต หรือ 8 บิตก็ได้ โดยถ้าต่อใช้งานแบบ 4 บิต จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้น โดยข้อมูลแรกที่ส่งนั้น ตัวคอนโทรลเลอร์จะถือว่าเป็นข้อมูล 4 บิตบน และข้อมูลที่ส่งต่อมาเป็นข้อมูล 4 บิตล่าง (วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิคส์. 2533 : 234-240)

ถ้าใช้แรงดันไฟตรงคร่อมแผ่นขั้วไฟฟ้านาน ๆ จะทำให้ผลึกเหลวเกิดการแยกตัวทางไฟฟ้า ทำให้เสื่อมคุณภาพไปได้ ดังนั้นการขับ LCD ที่ถูกต้องจึงใช้ไฟสลับแทนไฟตรง ไฟสลับที่ใช้จะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมีความถี่ระหว่าง 20 ถึง 200 เฮิรตซ์ มีขนาดรูปคลื่น 3 ถึง 30 โวลต์

ภาพประกอบ 32 แสดงการขับ LCD โดยใช้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมและเกต Ex-OR ที่ BP จะได้รับคลื่นสี่เหลี่ยมอยู่ตลอดเวลา ทางด้านเซกเมนต์ก็จะได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมเหมือนกัน เพียงแต่เมื่อต้องการให้เห็นตัวเลขบนแผงจะให้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความต่างเฟส 180 องศา กับรูปคลื่นที่ BP ถ้าเป็นรูปคลื่นเหมือนกันไม่ต่างเฟส กันเลยจะไม่มีแรงดันคร่อมขั้วไฟฟ้าและทำให้ไม่เห็นตัวเลขบนแผง เราใช้เกต Ex-OR ในการกลับเฟสของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้ ขาข้างหนึ่งของเกต Ex-OR จะควบคุมรูปคลื่นเอาต์พุต คือ ถ้าเป็น “ 1 ” จะได้รูปคลื่นกับเฟส ถ้าเป็น “ 0 ” จะได้รูปคลื่นมีเฟส เหมือนกัน



ภาพประกอบ 32 การขับ LCD ด้วยรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

(กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 189)

ในการขับ LCD ให้แสดงตัวเลขนี้ แทบจะไม่ต้องใช้กระแสเลย ใช้แต่เพียงแรงดันเท่านั้น ทำให้ LCD กินไฟน้อยมาก ประมาณ 1 ถึง 5 ไมโครวัตต์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรเท่านั้น (กฤษดา วิศวธีรานนท์. 2536 : 190)

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ LCD โมดูลแบบ character LCD module ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัดและต่อใช้งานแบบ 8 บิต

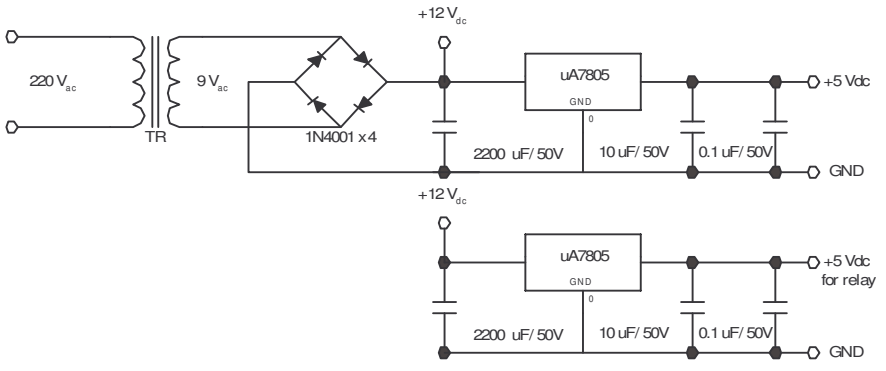
2. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิดTTL คือ การกำหนดลักษณะวงจรไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สามารถตรวจสอบไอซีชนิด TTL ได้ ซึ่งประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ ดังนี้

2.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดเครื่องตรวจสอบ ไอซี เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบบริดจ์ แบบเต็มคลื่น มาตราฐานของวงจรควบคุมแรงดันแบบแรงดันขาออกคงที่ โดยใช้ไอซีตระกูล 78XX โดย uA705 จะต่อกับไฟบวกส่วนขา 2 จะต่อกับไฟลบ C1 ใส่ไว้เพื่อลดค่าความเหนี่ยวนำภายในไอซีส่วน C1 มีไว้เพื่อป้องกันสัญญาณ ซึ่งหาค่า V_{AC} ได้โดยใช้สูตร

$$V_{AC} = \frac{V_{DC}}{\sqrt{2}}$$

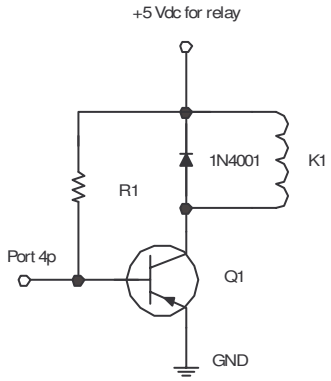
และค่าตัวเก็บประจุหาได้จากสูตร $C = \dfrac{2.9I_{dc}}{V_{r(rms)}}$



ภาพประกอบ 33 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

2.2 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์ เป็นวงจรที่ใช้ขับชุดรีเลย์ ซึ่งชุดรีเลย์นี้จะมีหน้าที่ตัดต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัว ไอซีทีทีแอลที่จะนำมาทดสอบ เนื่องจากว่า ตัวไอซีทีทีแอล มีอยู่หลายเบอร์และจำนวนขาต่างกัน ทำให้ลักษณะการวางตำแหน่งของขาทางด้านไฟเข้าและขากราวด์ของตัวไอซีนั้นต่างกันด้วย ด้วยเหตุนี้จึงใช้รีเลย์ดังกล่าวมาช่วยในการตัดต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวไอซีทีทีแอลที่นำมาทดสอบ สำหรับรีเลย์ที่นำมาใช้จะเป็นรีเลย์ชนิด 5 ขาใช้แรงดันที่ คอลย์ 5 โวลต์

ดีซี และมีไดโอด 1N4001 ต่อคร่อมกับชุดคอลย์เพื่อทำหน้าที่ ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกันตัวทรานซิสเตอร์ $Q_{1\text{-}7}$ อันเนื่องมาจากกระแสไหลย้อนกลับขณะที่ หยุดการทำงานของคอยล์รีเลย์



ภาพประกอบ 34 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์

หา Q1 โดยกำหนดให้ R1 = 10 kΩ

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_B = \frac{5 - 0.7}{10}$$

$$I_B = 430\mu A$$

หากระแส K1 เมื่อกำหนดให้ค่าความต้านทานของขอลวด คอลย์ = 200 Ω

$$I_{K1} = \frac{E}{R}$$

$$I_{K1} = \frac{5}{200}$$

$$I_{K1} = 25mA$$

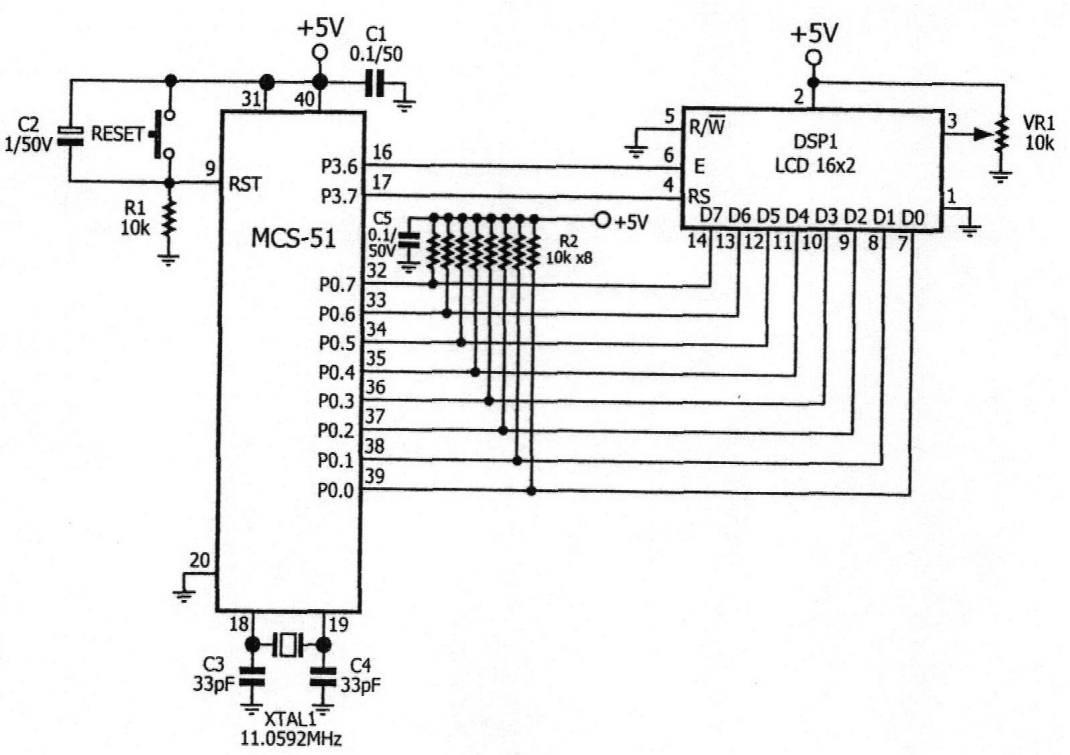
เพราะฉะนั้น $Q_{1\text{-}7}$ ใช้เบอร์ BC557 เพราะทนกระแสได้ 100 mA

การควบคุมการทำงานของรีเลย์โดย U3 สำหรับควบคุมขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่ใช้รีเลย์แต่ละตัว เนื่องจากมีการใช้พอร์ต P0.0-P1.0 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกัน กับชุดแสดงผลผลึกเหลว จึงจำเป็นต้องใช้ U3 มาช่วยในการขยายพอร์ต เลือกใช้เบอร์ 74HC373

RP1 สำหรับรักษาเสถียรภาพทางด้านอินพุต ใช้ค่า 10 กิโลโอมห์ 9 ขา

R5 สำหรับรักษาเสถียรภาพทางด้านอินพุต ใช้ค่า 10 กิโลโอมห์

2.3 ชุดแสดงผล คือ ชุดแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD module) สำหรับชุดแสดงผลแบบผลึกเหลวที่ได้นำมาใช้เรียนรู้ ในงานวิจัยนี้ สำหรับชุดแสดงผลแบบผลึกเหลวที่ได้นำมาใช้เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรตราฐาน สามารถนำไปใช้กับชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยต่อสายสัญญาณทั้งหมด 14 เส้นให้ตรงกับตำแหน่งขาของบอร์ด



ภาพประกอบ 35 แสดงวงจรชุดแสดงผลผลึกเหลว

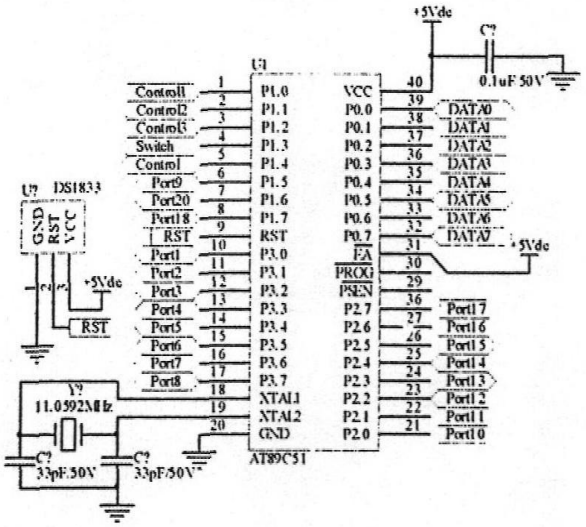
(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2546 : 80)

จากชุดแสดงผลโดย JP2 สำหรับต่อเข้ากับ ชุดจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD) เป็นคอนเนตเตอร์แบบ 7 ขา แถวคู่ ซึ่งในแต่ละขาจะต่อตรงเข้ากับ หน่วยประมวลผล

R2,R3 และ R4 สำหรับรักษาเสถียรภาพทางด้านอินพุต ใช้ค่า 10 กิโลโอมห์

2.4 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89V51RD2 เนื่องจากมีหน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 Kbytes อีกทั้งมีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต จำนวน 4 พอร์ต ซึ่งพอร์ต 1 (P1.0-1.7) จะใช้เป็นพอร์ตสำหรับสั่งการทำงานให้กับชุดรีเลย์และอีกทั้งเป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลให้กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ส่วนพอร์ต P1 (P1.5-1.7), P2 (P2.0-2.7),

P3(P3.0-3.7) เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลให้กับตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบโดยมีอุปกรณ์ตัวกลางที่มีชื่อว่า ZIP SOCKET เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลระหว่างตัวไอซีดังกล่าว ส่วน พอร์ต P1 (P1.0-1.4) จะใช้สำหรับเลือก การเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตรับส่งข้อมูลต่างๆ



ภาพประกอบ36 แสดงวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

(วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2546 : 49)

จากภาพโดย U1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์AT89V51RD2 ซึ่งมีหน่วยความจำภายใน 64 กิโลไบท์ สำหรับเก็บข้อมูล ของไอซี TTL ในแต่ละตัว ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล

U2 สำหรับ ตัวรีเซตการทำงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้การทำงานมีเสถียรภาพ

Y1 ใช้ค่าความถี่เท่ากับ 11.0592 MHz เพื่อให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานที่ความถี่ 11.0592MHz

C1 และ C2 สำหรับใช้ควบคู่กับ ตัวกำเนิดความถี่ ใช้ค่า 33 พิกโก้ฟารัด

C3 สำหรับ ป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีมากับภาคจ่ายไฟ ใช้ค่า 0.1 ไมโครฟารัด

R1 มีไว้เพื่อรักษาเสถียรภาพ ทางด้านอินพุต ใช้ค่า 10 กิโลโอมห์

2.5 วงจรตรวจเช็คขาสัญญาณของไอซี TTL สำหรับวงจรนี้จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณให้กับขาสัญญาณต่าง ๆ ของตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบ และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะอ่านข้อมูลที่ได้จากการจ่ายสัญญาณนั้น มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลต่อไป

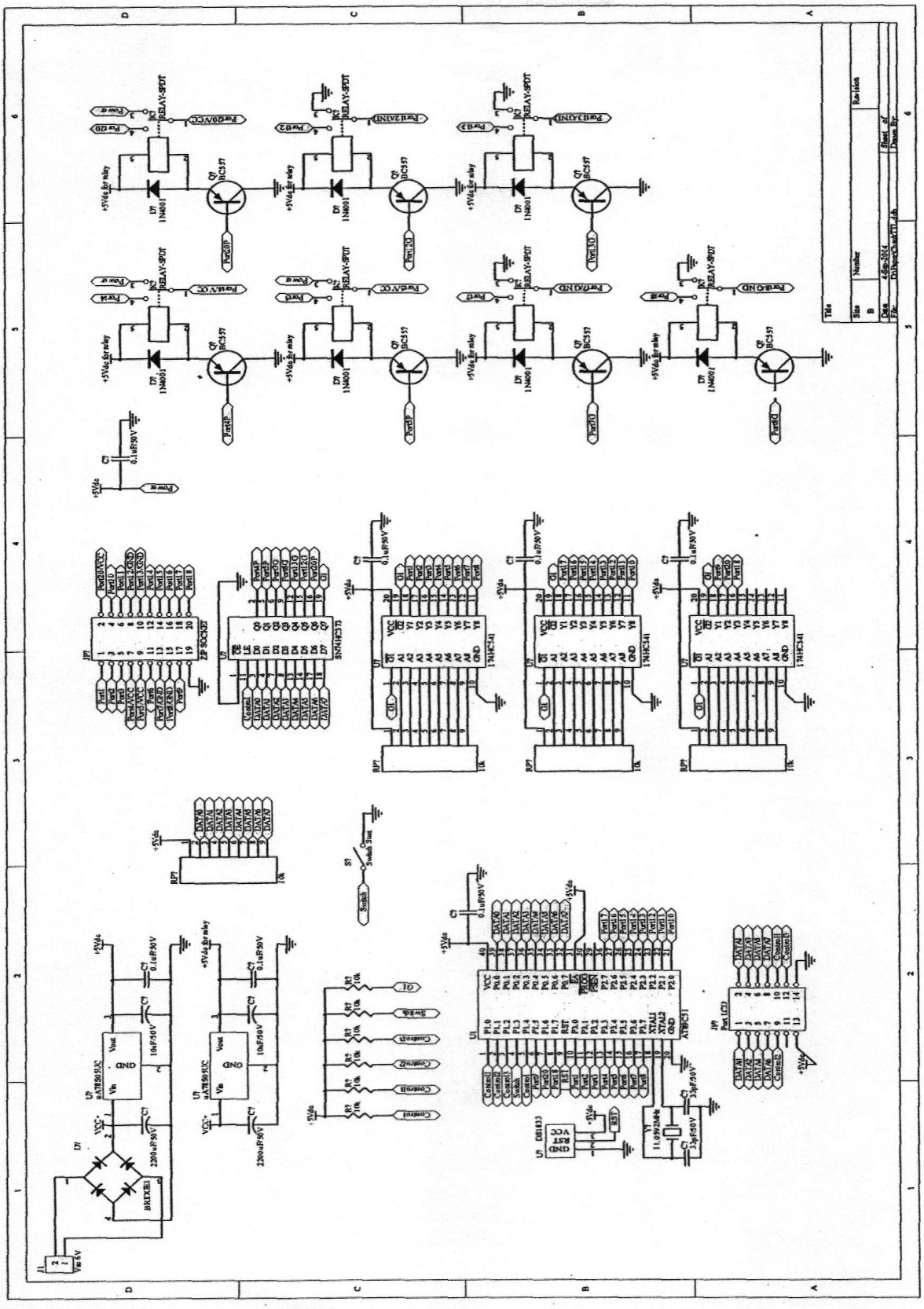
U4,U5 และ U6 สำหรับจ่ายสัญญาณให้กับตัวไอซี TTL ที่จะทำการทดสอบ ซึ่ง ไอซีทั้ง 3 ตัวนี้จะถูกควบคุมการทำงานโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ เลือกใช้เบอร์ 74HC541

JP1 ใช้เป็นซอกเก็ต รองรับไอซี TTL ที่จะนำมาทดสอบ เลือกใช้ Zipsocket 20 ขา

RP2,RP3 และ RP4 สำหรับรักษาเสถียรภาพทางด้านอินพุตใช้ค่า 10 กิโลโอมห์ 9 ขา

R6 สำหรับรักษาเสถียรภาพ ทางด้านอินพุตใช้ค่า 10 กิโลโอมห์

C8,C9 และ C10 สำหรับป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีมากับภาคจ่ายไฟ ใช้ค่า 0.1 ไมโครฟารัด



ภาพประกอบ 37 แสดงโครงสร้างภายของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

3. ประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

3.1 ประสิทธิภาพ (ประ-สิด-ทิ-พาบ) หมายถึง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ (พจนานุกรมไทย.2539) ดังนั้น การหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี หมายถึง การทำงานของเครื่องได้กระทำการตรวจสอบได้ผลถูกต้องแม่นยำโดยมีขีดความสามารถดังนี้

3.1.1 ความสามารถทราบว่าไอซีดีหรือเสียได้อย่างถูกต้อง หมายถึง ในไอซีชนิด TTL จะมีเกทหลาย ๆ ตัวอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน เกทบางตัวในไอซีชนิด TTL เสียในขณะที่เกทตัวอื่น ๆ ยังคงใช้งานได้จึงต้องมีการตรวจสอบว่า เกททุกตัวในไอซีไม่เสียจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้

3.1.2 ความสามารถทราบเบอร์ของไอซีที่อยู่บนตัวถังได้อย่างถูกต้อง หมายถึง การทราบรหัสบนตัวถังของไอซี ที่ต้องการเปลี่ยนไอซีหากกรณีไอซีนั้นชำรุด ซึ่งในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์บางวงจรเลขรหัสบนตัวถัง ของไอซีอาจเก่าจนมองไม่ชัดเจน หรือถูกทำให้ลบเลือนไป เมื่อต้องการถอดไอซีมาเปลี่ยนจะยากเนื่องจากไม่ทราบเบอร์รหัสบนตัวถัง ดังนั้นเมื่อถอดออกมาตรวจสอบ โดยเครื่องตรวจสอบก็จะทำให้ทราบว่าไอซีนี้เบอร์อะไร เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

3.2 สมรรถนะ (สะ-มัด-ทะ-นะ) หมายถึง กำลังความสามารถ ความเชี่ยวชาญ (พจนานุกรมไทย. 2539) ซึ่งในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีหลักการทำงานแบบเบ็ดเสร็จโดยการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 แล้วทำการแสดงผลออกทางจอ LCD ซึ่งสามารถทดสอบไอซีชนิด TTL จำนวน 14 – 24 ขา ซึ่งสามารถแบ่งสมรรถนะเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 สมรรถนะด้านวิศวกรรม หมายถึง ความมีคุณค่าทางวิศวกรรม ความเป็นนวัตกรรมใหม่ การใช้หลักในการแก้ปัญหา การใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี และการใช้อุปกรณ์ในการสร้างอย่างเหมาะสม

3.2.2 สมรรถนะด้านการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถนำเครื่องตรวจสอบ ไอซี ชนิด TTL ไปใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว การเคลื่อนย้ายทำได้ง่าย

3.2.3 สมรรถนะด้านกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL มีขนาดกะทัดรัด สวยงาม เหมาะแก่การใช้งานและมีความปลอดภัย

3.2.4 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา หมายถึง อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีจุดตรวจและซ่อมบำรุงน้อย

ประสงค์ สืบชาติ (2545). ได้ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า มีการออกแบบและสร้างแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องในขั้นตอนการ

ประเมินสมรรถนะโดยกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ตรวจและแก้ไขเพิ่มเติมในขั้นตอนท้าย แบบประเมินสมรรถนะดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มรายสมรรถนะได้ 5 ด้านดังนี้

1. สมรรถนะด้านวิศวกรรม
2. สมรรถนะด้านการใช้งาน
3. สมรรถนะด้านกายภาพ
4. สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา
5. สมรรถนะด้านความปลอดภัย

ในรายละเอียดของรายลักษณะย่อยสมรรถนะแต่ละด้านโดนกำหนดให้มีรายละเอียดครอบคลุมคุณลักษณะจำเพาะของเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นเพื่อนำผลการวิจัยมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

ดังนั้นในการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL หมายถึง การทดสอบการทำงานของสิ่งที่สร้างขึ้นโดยมีการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของการทดสอบ เพื่อนำไปพัฒนาปรับปรุงแก้ไขโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่ผู้วิจัยได้มีการออกแบบและสร้างแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี ซึ่งในแบบประเมินดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มสมรรถนะด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. สมรรถนะด้านวิศวกรรม
2. สมรรถนะด้านการใช้งาน
3. สมรรถนะด้านกายภาพ
4. สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

วิฑูรย์ อิ่มสมุทร (2539:บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบวัดความสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการของการวัดทางไฟฟ้าและเครื่องพีซี โดยชุดวงจรวัดกระแสและแรงดันไฟสลับทำหน้าที่วัดและปรับขนาดสัญญาณให้เหมาะสมเพื่อส่งเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลและข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกควบคุมผ่านชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 80C31 เพื่อไปแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลและสามารถแสดงผลออกทางจอภาพ

พิพัฒน์ พูลเกษม (2544:บทคัดย่อ) ได้จัดสร้างเครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ในส่วนของการเขียนโปรแกรมคือนำข้อมูลที่อยู่ในรูปอินเทลเฮกไฟล์ (Intel Hex File) ที่ได้จากการแอสเซมเบลอร์ของ ภาษาแอสแซมบลีนำมาทำการจัดรูปแบบ เป็นอินเทลเฮกไฟล์ฟอร์แมต

(Intel Hex File) เพื่อจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลเข้าสู่เครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เครื่องโปรแกรมได้ทำการออกแบบโดยไอซี AT89C51อีกตัวเป็นตัวจัดการอัลกอริทึมรวมทั้งการรับและการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมไอซีโดยใช้โปรแกรมไมโครซอปวิชวลเบสิก 6 ในการเขียน แล้วจึงนำไอซีที่ผ่านโปรแกรมแล้วไปควบคุมอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์

ปกรณ์ ชุณหสวัสดิกุล (2539:บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบแสวงหาข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมมีคุณสมบัติต่าง ๆ คือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลสามารถแสดงผลทางจอ LCD แสดงผล สามารถเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ดและรับส่งข้อมูล กับคอมพิวเตอร์สำหรับวงจรที่ใช้วัดค่าทางกายภาพใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็น ดิจิทัลแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากทรานสดิวเซอร์เป็นสัญญาณดิจิทัลและส่งไปประมวลผลที่ส่วนควบคุม ในส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบแสวงหาข้อมูลเป็นโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับควบคุมวงจรอิเตอร์เฟส โปรแกรมย่อยสำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลวงจรที่ใช้วัดค่าทางกายภาพซึ่งแยกออกจากระบบควบคุมเพื่อให้สามารถนำไปวัดค่าทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วรอบที่อาจจะอยู่ห่างจากระบบ

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

สมชาย สุขพันธ์ (2531 : 156-162) ได้ออกแบบสร้างเครื่องวัดคุณสมบัติทรานซิเตอร์ สามารถวัดกระแสรั่วไหล, อัตราการขยายกระแส,แรงดันเบรคดาวน์ สามารถวัดได้ทั้งทรานซิสเตอร์, เฟต, ไดโอดและเอสซีอาร์

เฉลิมพล ศรีอนันท์ (2531 : 120 - 122) ได้ออกแบบสร้างเครื่องทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสามารถตรวจและวัดขาทรานซิสเตอร์วัดหาอัตราขยายกระแส ทดสอบไดโอด, แอลอีดี และเอสซีอาร์

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

โกษา สัมมาถิรชัย ชุมเทพ ชุมมุง และพุทธิชัย ทัพศิลา. (2542 : บทคัดย่อ). ได้ทำการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีดิจิตอลและโปรแกรมอีพรอมซึ่งในการตรวจสอบไอซีดิจิตอลตระกูลทีทีแอลและซีมอสว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือเสีย โดยสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอมพิวเตอร์และควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่อยู่ในตัวเครื่อง

วินัย ยกถาวร สุเมธ จังศิริวัฒนา และอรรณพ ธรรมกิรติ. (2547 : บทคัดย่อ). ได้สร้างเครื่องตรวจสอบเกตไอซีตระกูลทีทีแอล 74 ซึ่งใช้ตรวจสอบเกตภายในของไอซีเกตตระกูลทีทีแอล 74 และจะแสดงผลด้วยโมดูล LCD แบบอักขระขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด สามารถตรวจสอบไอซีได้ 22 เบอร์

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Balci & Hikmet. (1999). ได้ทำการวิจัยเรื่อง A new adaptive defost method, its instrumentation, and experimental verification. เป็นวิธีการละลายน้ำแข็งโดยใช้การตรวจจับและชดเชยอุณหภูมิการระเหยและพลังความร้อนระบบที่ใช้ทดลองเป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมในการทดลองในการระลายน้ำแข็งซึ่งจะมีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 4 ไบท์ และหน่วยความจำข้อมูล 192 ไบท์

Schmit & Roger. (2003). ได้ทำการวิจัยเรื่อง Design of a portation pulse rate mete. การออกแบบมิเตอร์วัดลูกคลื่นแบบพกพา ใช้สำหรับวัดอัตราการเต้นของหัวใจ สำหรับบุคคลขณะออกกำลังกายภายในประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์วงจรตรวจสอบ (Detection) วงจรกรองความถี่สูง - ต่ำ วงจรรีเลย์เฟส วงจรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและแหล่งจ่ายไฟ ข้อสรุปจากการสร้างเครื่องนี้จะสามารถสร้างด้วยราคาต่ำ เนื่องจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยในการวิเคราะห์ และคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจนอกจากนี้ยังสามารถใช้เชื่อมต่อรวมกับวงจรต่าง ๆ ได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL โดยเครื่องตรวจสอบไอซีสามารถแสดงคุณสมบัติของไอซีชนิด TTL แต่ละเบอร์ออกทางจอ LCD ซึ่งมีการประมวลผลข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งช่วยตรวจสอบไอซีได้ง่ายขึ้น โดยการ อ้างอิงจากดาต้าชีตของไอซีเบอร์ดังกล่าว ซึ่งภายในดาต้าชีตจะมีข้อมูลเกต ภายในตัวไอซี แต่ละตัวจากข้อมูลดังกล่าวจึงใช้หลักการเปรียบเทียบลำดับสัญญาณ ที่ใช้ป้อนเข้าสู่ขาอินพุต แต่ละขาและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่ขาเอาต์พุต ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบ จะถูกรับมาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ถูกต้อง ซึ่งผลของการเปรียบเทียบนี้จะบอกได้ว่าถูกต้องหรือไม่ จึงเป็นแนวทางและแนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

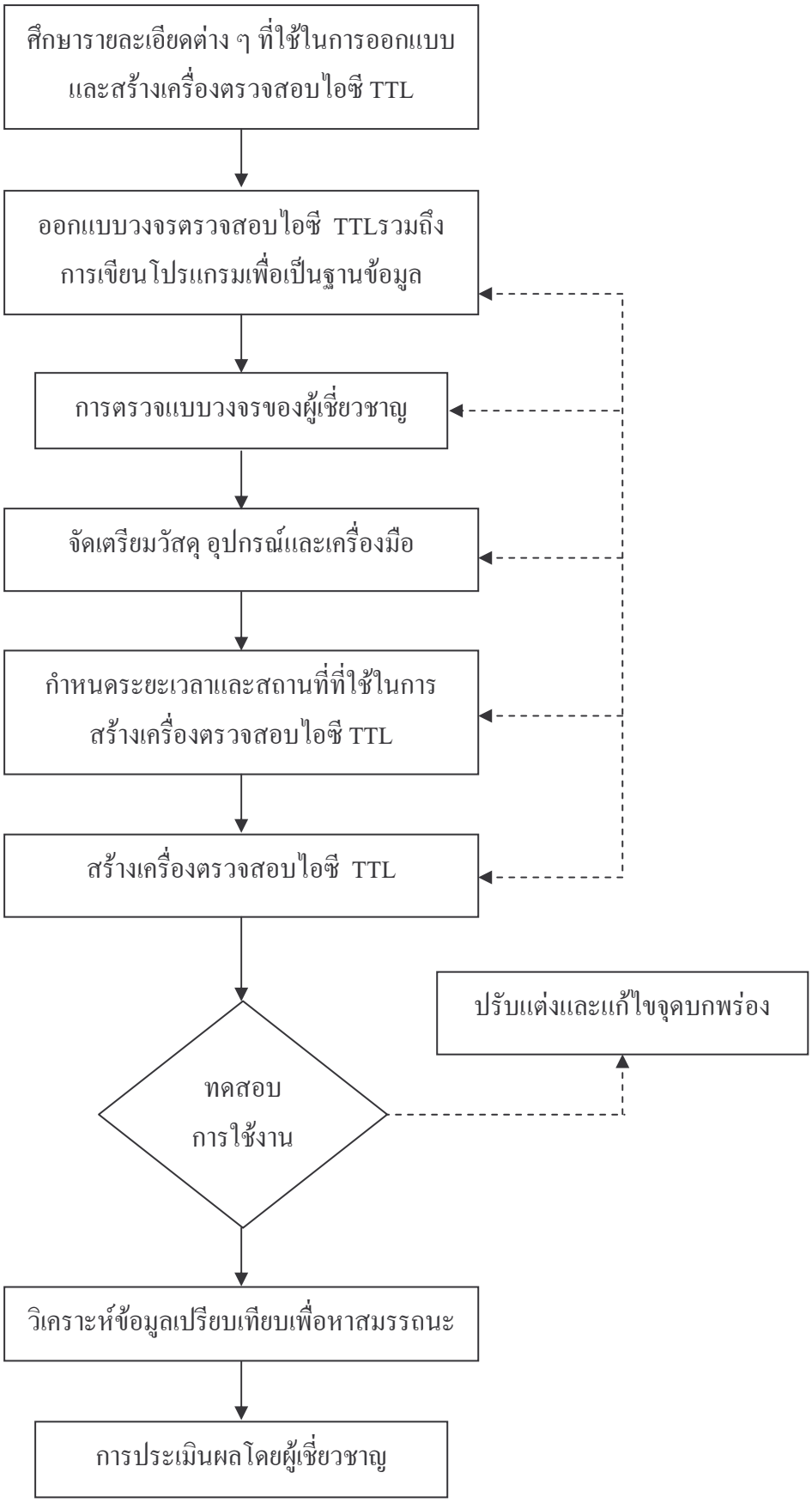
บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเชิงทดลอง เพื่อเป็นต้นแบบในการตรวจสอบไอซี TTL ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าดำเนินการรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
3. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้
4. กำหนดระยะเวลาและสถานที่ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
5. สร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
6. ทดสอบการใช้งานปรับแต่งและแก้ไข การทำงานของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
7. ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลทางด้านสมรรถนะของการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL

การศึกษาค้นคว้าเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL โดยการประมวลผลของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51เบอร์ AT89V51RD2 แล้วแสดงผลออกมาทางจอ LCD ซึ่งสามารถแสดงเป็นขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าได้ดังภาพประกอบ 38



ภาพประกอบ 38 แสดงขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

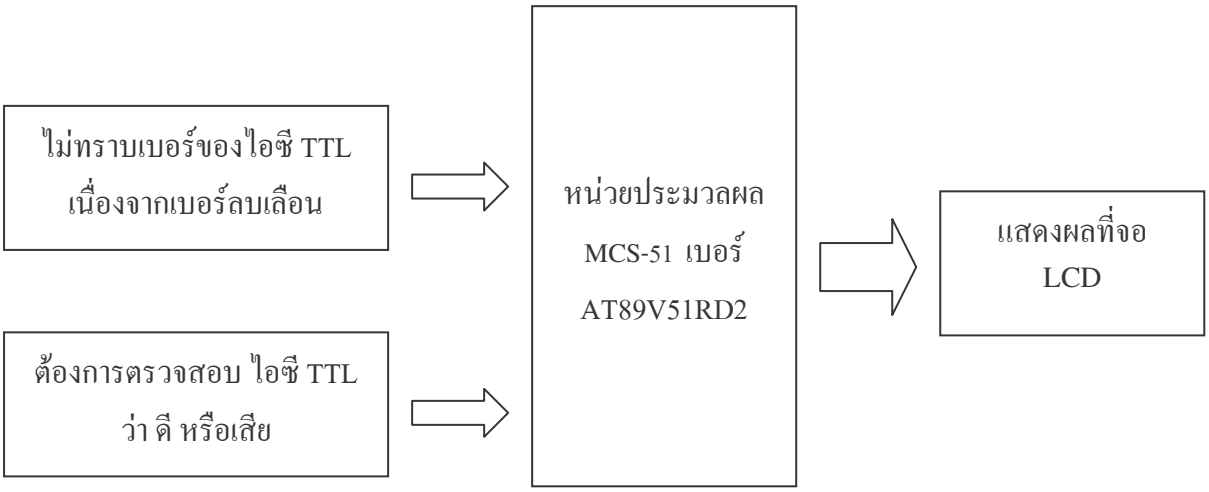
1. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

การศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในเครื่องตรวจสอบไอซีโดยเครื่องมือดังกล่าวนี้จะแสดงคุณสมบัติของไอซีชนิด TTL แต่ละเบอร์ออกทางจอผลึกเหลว (LCD) ซึ่งมีการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 ผลจากการประมวลจะเป็นการบอกคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไอซีชนิด TTLตัวนั้น ๆ ได้แก่ ตรวจสอบว่าเสียหรือไม่ และสามารถระบุเบอร์ของไอซีได้ ในกรณีที่เลขและอักษรรหัสบนตัวถังของไอซีชนิด TTL ลบเลือนโดยจะอ้างอิงข้อมูลจากหนังสือคู่เทียบเบอร์ไอซีชนิด TTL โดยรายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ไอซีประกอบด้วยดังนี้

1.1 ศึกษาค้นคว้า ตำรา และงานทดลอง ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดเครื่องทดสอบไอซี TTL เพื่อการตรวจสอบต่าง ๆ

1.2 ศึกษาคุณสมบัติของส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เพื่อจัดหาวงจร วัสดุ และ อุปกรณ์ที่เหมาะสม มาประกอบเป็นชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL หาค่า อินพุต-เอาต์พุต เพื่อการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากส่วนประกอบในแต่ละส่วนสามารถนำมาเขียนแผนผังการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันดังรูปประกอบ



ภาพประกอบ 39 แสดงบล๊อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

การทำงานของชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL จะใช้หน่วยประมวลผล MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 ทำหน้าที่เป็นตัวกลางและเป็นฐานข้อมูลในการติดต่อรับส่งข้อมูลของเครื่องตรวจสอบไอซีและนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลต่อไปโดย ส่งข้อมูลออกไปแสดงผลที่จอแสดงผล LCD ซึ่ง

กำหนดให้มีการทำงานที่สำคัญดังนี้ โปรแกรมจะเก็บค่า ไว้และนำมาตรวจสอบว่าตรงกับเบอร์ไอซีที่ได้เขียนไว้หรือไม่ หากไม่ตรงจะจบการทำงาน ไปยังจุดเริ่มต้นทันที หากตรงก็จะยังคงอยู่ในโปรแกรมตรวจสอบเบอร์ไอซีเบอร์นั้นๆ ในตรวจสอบเกตไอซี เมื่อโปรแกรมทราบว่าจะต้องตรวจสอบไอซีเบอร์ใดโปรแกรมจะทำการตรวจสอบและจะทำการป้อนแรงดันตามสถานะของไอซีนั้น เพื่อตรวจสอบว่าภายในไอซีมีเกตไหนบ้างที่เสียหาย เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วจะแสดงผลออกมาทาง LCD ซึ่งสามารถแบ่งสภาวะการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ซึ่งมีการทำงาน 2 สภาวะด้วยกันคือ

สภาวะที่ 1 กรณีทราบเบอร์บนตัวถัง

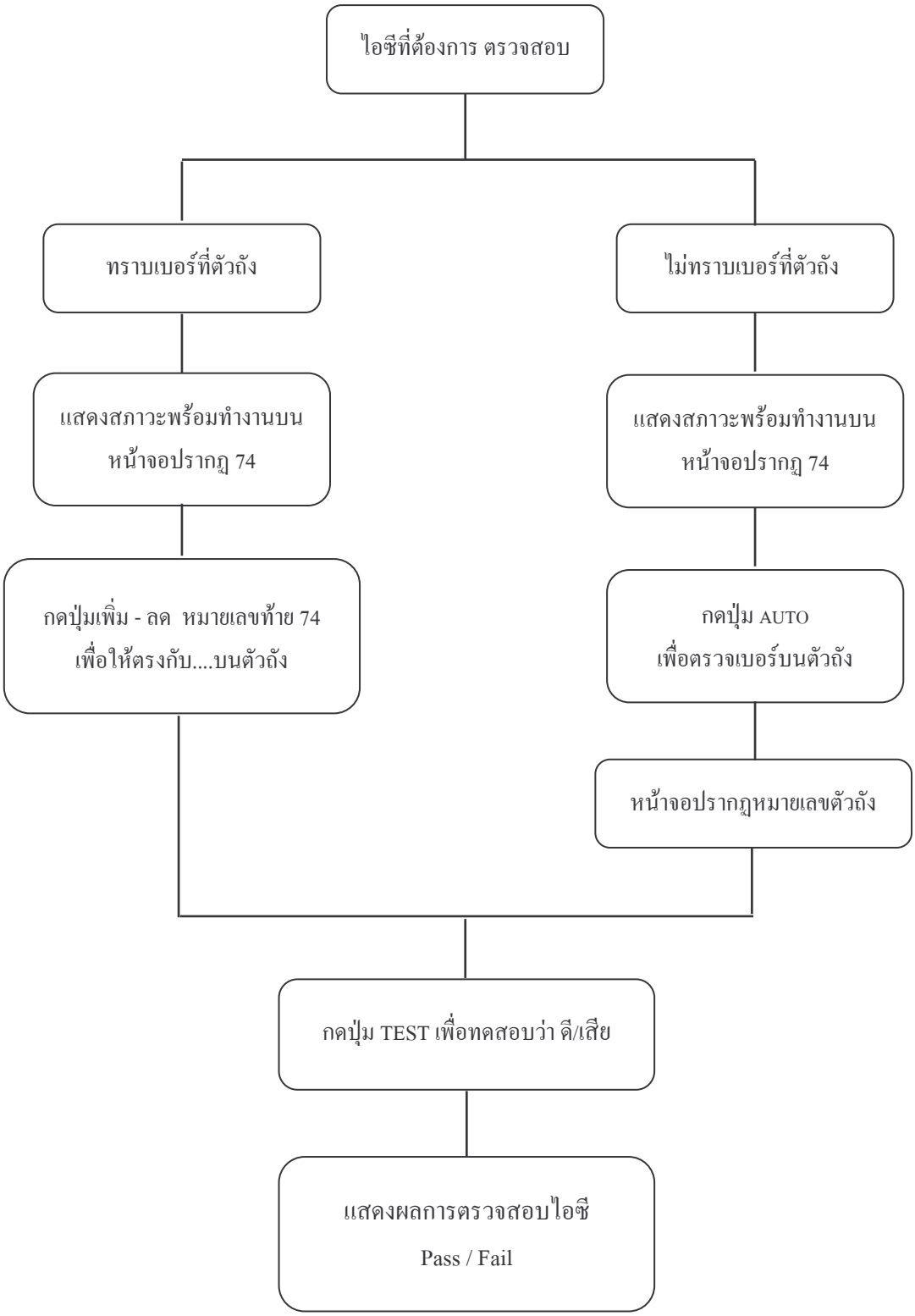
เมื่อต้องการตรวจสอบไอซีชนิด TTL และต้องการทราบว่าการตรวจสอบไอซีว่า ดีหรือเสีย สามารถเสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงบนบอร์ด เมื่อเรียบร้อยแล้วก็กดปุ่มเลือกเบอร์ไอซีให้ตรงกับเบอร์ที่อยู่บนตัวถังของไอซี และกดปุ่ม Test เพื่อตรวจสอบเครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบ แต่ถ้าเครื่องทำการประมวลผลแล้วไม่พบข้อมูลในหน่วยความจำเครื่องจะแสดงคำว่า Fail ออกมาที่หน้าจอ เนื่องจากไอซีตัวนั้นเสียหรือไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ

สภาวะที่ 2 กรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถัง

เมื่อต้องการตรวจสอบไอซี ในกรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถังของไอซีและต้องการทราบว่าไอซีที่ต้องการตรวจสอบดีหรือเสียสามารถเสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงบนบอร์ด และกดปุ่ม Auto เพื่อให้เครื่องหาเบอร์ให้ตรงกับไอซีที่ต้องการตรวจสอบ และเมื่อเครื่องแสดงเบอร์เรียบร้อยแล้วต่อมากดปุ่ม Test เพื่อตรวจสอบเครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบ แต่ถ้าเครื่องทำการประมวลผลแล้วไม่พบข้อมูลในหน่วยความจำเครื่องจะแสดงคำว่า Fail ออกมาที่หน้าจอเนื่องจากไอซีตัวนั้นเสียหรือไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ

แบบโครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL



ภาพประกอบ 40 แสดงโฟชาตร์แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

ในการออกแบบวงจรใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด64 K bytes มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต จำนวน 4 พอร์ตซึ่งพอร์ต (P1.0 – P1.7) จะใช้เป็นพอร์ตสำหรับแสดงผลส่วนพอร์ต (P1.5 – P1.7) , P2 (P2.0 – P2.7) , P3 (P3.0 – P3.7) เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลให้กับตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบ โดยมีอุปกรณ์ตัวกลางคือ Zip Socket เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลระหว่างไอซีดังกล่าว มีขา GND (20) จะต่อกราวด์ของระบบ ขา EA (31) จะต่อไฟ + 5 โวลต์ เพื่อได้ลอจิกสูง (1)

การประมวลผล เมื่อกดปุ่ม Type ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลซึ่งแสดงเบอร์ของไอซีเกต แสดงที่หน้าจอ 7400 โดยสามารถกดปุ่ม Upper หรือ Lower เพื่อให้ตรงกับเบอร์ของไอซีที่ต้องการจะตรวจสอบออกมาทางภาคแสดงผลและกดปุ่ม Test ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลลอจิก 00, 01, 10, และ 11 ไปยังเกตภายในแต่ละชุดของไอซีเกตที่ทำการตรวจสอบเปรียบเทียบในแต่ละชุดตรงกับตารางความเป็นจริงของไอซีเกตที่ทำการตรวจสอบ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งผลการตรวจสอบแสดงผ่านจอ LCD ปรากฏคำว่า Pass กรณีไอซีนั้นสามารถใช้งานได้หรือปรากฏคำว่า Fail เมื่อไอซีนั้นไม่สามารถใช้งานได้ และเมื่อต้องการตรวจสอบไอซี ในกรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถังของไอซีและต้องการทราบว่าไอซีที่ต้องการตรวจสอบดีหรือเสียสามารถเสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงบนบอร์ด และกดปุ่ม Auto เพื่อให้เครื่องหาเบอร์ให้ตรงกับไอซีที่ต้องการตรวจสอบ และเมื่อเครื่องแสดงเบอร์เรียบร้อยแล้วต่อมากดปุ่ม Test เพื่อตรวจสอบเครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบ แต่ถ้าเครื่องทำการประมวลผลแล้วไม่พบข้อมูลในหน่วยความจำเครื่องจะแสดงคำว่า Fail ออกมาที่หน้าจอเนื่องจากไอซีตัวนั้นเสียหรือไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ

ภาคแสดงผลการตรวจสอบไอซี จะกำหนดให้จอแสดงผลโมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด ซึ่งจะแสดงเบอร์ของไอซีที่ต้องการตรวจสอบ การแสดงผลของโมดูล จะรับข้อมูลมาจากพอร์ต 1 ผ่านตัวต้านทานไปยังจอแสดงผล ซึ่งค่าที่นำมาแสดงผลจะเป็นค่าที่ได้จากการประมวลผล

3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

การสร้างชุดเครื่องมือตรวจสอบไอซี TTL เพื่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ ได้แก่

3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 ของบริษัท Philips 1 ตัว

3.1.2 ตะกั่วบัดกรี

3.1.3 อุปกรณ์แปลงไฟกระแสตรง มีอัตราขยาย 0-12 โวลท์ 1 ชุด

3.1.4 ชุดแสดงผลสำหรับแสดงผล

- ชุดแสดงผลผลึกเหลว (LCD Module) เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด 1ชุด

3.1.5 สายโทรศัพท์ใช้สำหรับการเชื่อมตัววงจร

3.1.6 ตัวต้านทาน ขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ ค่าผิดพลาด ร้อยละ1

ตัวต้านทาน	10	กิโลโอห์ม	จำนวน	13	ตัว

ตัวต้านทาน แบบแถว 9 ขา

ตัวต้านทาน	10	กิโลโอห์ม	จำนวน	4	ตัว

3.1.7 ตัวเก็บประจุ ประกอบด้วย

C1	ค่าความจุ	2,200	ไมโครฟาราด	25	โวลท์	จำนวน	2 ตัว
C2	ค่าความจุ	1,000	ไมโครฟาราด	25	โวลท์	จำนวน	1 ตัว
C3	ค่าความจุ	0.1	ไมโครฟาราด	50	โวลท์	จำนวน	9 ตัว
C4	ค่าความจุ	10	ไมโครฟาราด	25	โวลท์	จำนวน	2 ตัว
C5	ค่าความจุ	33	ฟิกโกฟารัด			จำนวน	2 ตัว

3.1.8 สารกึ่งตัวนำ ประกอบด้วย

ไดโอด	ซิลิคอนไดโอด	1N4001	จำนวน	11	ตัว
ทรานซิสเตอร์	เบอร์	BC557	จำนวน	7	ตัว

3.1.9 ไอซี ประกอบด้วย

IC1	เบอร์	AT89C52	จำนวน	1	ตัว
IC2	เบอร์	DS1833	จำนวน	1	ตัว
IC3	เบอร์	74HC541	จำนวน	3	ตัว
IC4	เบอร์	74HC373	จำนวน	1	ตัว
IC5	เบอร์	uA7805	จำนวน	2	ตัว

3.1.10 รีเลย์ ประกอบด้วย

รีเลย์	5 Vdc	1 แอมป์แปร์	จำนวน	7	ตัว

3.1.11 คริสตอล ประกอบด้วย

คริสตอล	11.0592	MHz	จำนวน	1	ตัว

3.1.12 หม้อแปลงไฟฟ้า ประกอบด้วย

หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด	220/9 โวลท์	1 แอมป์แปร์	จำนวน	1	ตัว

3.1.13 ซ๊อกเกตไอซี ประกอบด้วย

Zip Socket	ขนาด	14 - 24 ขา	จำนวน	1	ตัว

3.1.14 หม้อแปลงไฟฟ้า ประกอบด้วย

T1	220/9 โวลท์	1 แอมป์แปร์	ขนาดแรงดัน	0- 9 โวลท์	จำนวน	1 ตัว	

3.2 เครื่องมือประกอบด้วย

3.2.1 คีมจับ	จำนวน	1	ตัว
3.2.2 คีมตัด	จำนวน	1	ตัว
3.2.3 หัวแร้งไฟฟ้าชนิดแช่ ขนาด 20 วัตต์	จำนวน	1	อัน
3.2.4 มัลติมิเตอร์	จำนวน	1	ตัว
3.2.5 สว่านไฟฟ้า	จำนวน	1	ตัว

4. กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างและออกแบบเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เดือน มกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2550 ใช้สถานที่ในการสร้างเครื่องพร้อมทั้งใช้เครื่องมือต่าง ๆ เลขที่ 242/1 ม.3 ต. สำโรง อ.พระประแดง สมุทรปราการ 10130

5. สร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ตามที่ออกแบบ

5.1 จัดซื้ออุปกรณ์

5.2 จัดทำแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ลงบัดกรีเชื่อมต่อจุดต่าง ๆ

5.3 นำอุปกรณ์ที่ได้จัดไว้แต่ละวงจร แต่ละภาคการทำงานส่วนต่าง ๆ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้เตรียมเอาไว้ หลังจากนั้นบัดกรีขาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เชื่อมติดกับแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้เตรียมเอาไว้

5.4 ประกอบชุดแสดงผล LCD Module รวมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมวงจรตรวจสอบไอซี TTL

5.5 เขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีเพื่อเป็นฐานข้อมูลของไอซีแต่ละตัวแล้วบันทึกในไมโครคอนโทรลเลอร์

5.6 จัดทำกล่อง สำหรับลงเครื่องมือและแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด เพื่อให้เกิดความปลอดภัย สวยงาม สะดวกต่อการใช้งาน

5.7 ทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL หาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้อุปกรณ์ทุก ๆ ส่วนทำงานได้อย่างถูกต้อง และดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

หลังจากที่ได้สร้างต้นแบบวงจรเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ขึ้นมาแล้ว ทำการทดสอบและแก้ไขข้อบกพร่องการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เพื่อให้ทำงานได้ตามข้อกำหนด ก่อนที่จะส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งจะทดสอบการทำงานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ดังนี้

6.1 ทดลองการใช้งานจริงว่าเครื่องตรวจสอบไอซี TTL สามารถตรวจสอบได้ว่า ไอซี TTL แต่ละตัว ดีหรือเสีย ได้อย่างถูกต้อง โดยผลการตรวจสอบตรงกับการใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบ

6.2 ทดลองการใช้งานจริงว่าเครื่องตรวจสอบไอซี TTL สามารถทราบรหัสเบอร์บนตัวถังของไอซีชนิด TTL ได้อย่างถูกต้องโดยตรงกับคู่มือเทียบเบอร์ไอซี TTL

7. การประเมินด้านสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

เมื่อได้สร้างและปรับปรุงแก้ไขเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ดำเนินการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อหาข้อพกพร่อง และข้อเสนอแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข โดยมีขั้นตอนดังนี้

7.1 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ 2 คนเพื่อเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจวงจรเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีคุณสมบัติโดยกำหนดคุณวุฒิจบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป สาขาไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ หรือ คอมพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์ในทำงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี ดังนี้

7.1.1 นาย บัณฑิต วิเชียรเขต ระดับการศึกษาปริญญาโท ประสบการณ์ทำงาน / ด้านงานออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ 23 ปี

7.1.2 น.ส. อินทุอร รูปสว่าง ระดับการศึกษาปริญญาโท ประสบการณ์ทำงาน / ด้านงานออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ 5 ปี

7.2 ออกหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านตรวจสอบวงจร 2 คน

7.3 ผู้วิจัยสร้าง แบบประเมินการหาสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยการสร้างแบบประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมและลักษณะทางกายภาพของ เครื่องตรวจสอบไอซี TTL จากการศึกษารวบรวมตามลักษณะเมื่อนำไปใช้งานจริง

7.4 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ 2 คนเพื่อเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมและลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีคุณสมบัติโดยกำหนดคุณวุฒิจบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป สาขาไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ หรือ คอมพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์ในทำงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี ดังนี้

7.4.1 นาย ธนากร อุ่ยมานะชัย ระดับการศึกษาปริญญาโท สาขาอุตสาหกรรมศึกษา ประสบการทำงาน / ด้านงานอิเล็กทรอนิกส์ 25 ปี

7.4.2 รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ อาจารย์ภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7.5 ออกหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยเชิญผู้เชี่ยวชาญ 2 คน

7.6 นำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ 2 คน ตรวจสอบแบบประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมและลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เพื่อนำคำแนะปรับปรุงแก้ไข

7.7 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ 10 คนเพื่อเชิญเป็นผู้ประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมและลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

7.8 ออกหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยเชิญผู้เชี่ยวชาญ 10 คน

7.9 นำแบบประเมินการหาสมรรถนะด้านวิศวกรรมและลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 10 คน ที่มีคุณวุฒิจบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป สาขาไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ หรือ คอมพิวเตอร์ หรือ สาขาที่เกี่ยวข้อง และมีประสบการณ์ในทำงานที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี ดังนี้

7.9.1 นาย ฉัตรชัย เลิศไตรรักษ์ ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (อิเล็กทรอนิกส์) ประสบการณ์ทำงาน 7 ปี

7.9.2 นายธนากร อุ่ยมานะชัย ระดับการศึกษาปริญญาโท อุตสาหกรรมศึกษา ประสบการณ์ทำงาน 26 ปี

7.9.3 นาย จักรพันธ์ สุขเจริญ ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (โทรคมนาคม) ประสบการณ์ทำงาน 18 ปี

7.9.4 นาย กิตติพล กิตติวัชราพงษ์ ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (อิเล็กทรอนิกส์) ประสบการณ์ทำงาน 15 ปี

7.9.5 นายทรัพคุณ แพงศรี ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (ไฟฟ้า) ประสบการณ์ทำงาน 10 ปี

7.9.6 นาย นรา ทัพเพชร ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (Apply Physics) ประสบการณ์ทำงาน 10 ปี

7.9.7 น.ส. นุชนภา แสนศิลา ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (Chemistry) ประสบการณ์ทำงาน 7 ปี

7.9.8 น.ส. อินทุอร รูปสว่าง ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (อิเล็กทรอนิกส์) ประสบการณ์ทำงาน 5 ปี

7.9.9 นาย ทนงศักดิ์ ยมสูงเนิน ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (ไฟฟ้า) ประสบการณ์ทำงาน 9 ปี

7.9.10 นาย ชัยณรงค์ เรืองทับ ระดับการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (ไฟฟ้า) ประสบการณ์ทำงาน 12 ปี

7.10 การเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

7.10.1 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7.10.2 มอบคู่มือการใช้เครื่องตรวจสอบไอซี TTL ให้ผู้เชี่ยวชาญก่อนการทดสอบ

7.10.3 เมื่อทดสอบแล้ว ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงใน แบบประเมินสมรรถนะ ซึ่งการประเมินเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งกำหนดค่าคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538:92) ได้ดังนี้คือ

คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง

คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

7.11 นำแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ที่ผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินแล้วนั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ที่ผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินแล้วนั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติดังนี้

8.1 การกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูล เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.50 – 5.00	ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก
3.50 – 4.49	ผลการประเมินอยู่ในระดับ ดี
2.50 – 3.49	ผลการประเมินอยู่ในระดับ พอใช้
1.50 – 2.49	ผลการประเมินอยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง
1.00 – 1.49	ผลการประเมินอยู่ในระดับ ใช้ไม่ได้

8.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

8.2.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ได้จากสูตรการหาค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด.)

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{N}$$

กำหนดให้ $\overline{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทนผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทนจำนวนคะแนนในกลุ่ม

8.2.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (บุญชู ศรีสะอาด 2543:103)

$$S = \sqrt{\frac{\sum \left(x - \bar{x}\right)^2}{N-1}}$$

กำหนดให้ S แทนควมเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทนคะแนนแต่ละตัว

$\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ย

N แทนจำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$ แทนผลรวม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL คือ ออกแบบวงจรส่วนต่าง ๆ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างทดสอบปรับปรุงแก้ไขการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ประเมินประสทิธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL จำนวน 4 ด้าน คือด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน ด้านกายภาพ และด้านการบำรุงรักษา ดังนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการทดลองใช้เครื่องมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยการทดลองการทำงานของชุดเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยผู้เชี่ยวชาญ 10 คน สรุปแสดงผลการทดลองการทำงาน สามารถทราบว่าไอซีดีหรือเสีย สามารถทราบเบอร์ของไอซีบนตัวถัง ได้อย่างถูกต้อง แล้วแสดงผลออกผ่านจอ Lcd แสดงในตาราง ดังนี้

ตาราง 4 การบันทึกผลการทดลอง ของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL กรณีทราบเบอร์บนตัวถัง

ไอซีต้องการตรวจสอบ	ข้อมูลจาก Data Sheet	กำหนดเบอร์จากเครื่องตรวจสอบ	ผลการทดสอบ		วิเคราะห์การทดลอง
			มัลติมิเตอร์	เครื่องตรวจสอบ	
74LS00	74LS00	7400	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS01	74LS01	7401	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS02	74LS02	7402	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS03	74LS03	7403	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS04	74LS04	7404	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS05	74LS05	7405	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS06	74LS06	7406	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS07	74LS07	7407	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS08	74LS08	7408	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS09	74LS09	7409	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS10	74LS10	7410	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS11	74LS11	7411	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS12	74LS12	7412	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS13	74LS13	7413	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS14	74LS14	7414	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS15	74LS15	7415	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS16	74LS16	7416	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS17	74LS17	7417	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS18	74LS18	7418	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS19	74LS19	7419	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS20	74LS20	7420	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS21	74LS21	7421	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS22	74LS22	7422	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS23	74LS23	7423	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS24	74LS24	7424	ดี	ดี	ถูกต้อง

ตาราง 5 การบันทึกผลการทดลอง ของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL กรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถัง

ไอซีต้องการตรวจสอบ	ข้อมูลจาก Data Sheet	ค้นหาเบอร์จากเครื่องตรวจสอบ	ผลการทดสอบไอซี ดี/เสีย		วิเคราะห์การทดลอง
			ตรวจด้วยมัลติมิเตอร์	เครื่องตรวจสอบ	
74LS00	ไม่ทราบเบอร์	7400	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS01	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS02	ไม่ทราบเบอร์	7402	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS03	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS04	ไม่ทราบเบอร์	7404	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS05	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS06	ไม่ทราบเบอร์	7406	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS07	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS08	ไม่ทราบเบอร์	7408	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS09	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS10	ไม่ทราบเบอร์	7410	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS11	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS12	ไม่ทราบเบอร์	7412	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS13	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS14	ไม่ทราบเบอร์	7414	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS15	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS16	ไม่ทราบเบอร์	7416	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS17	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS18	ไม่ทราบเบอร์	7418	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS19	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS20	ไม่ทราบเบอร์	7420	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS21	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS22	ไม่ทราบเบอร์	7422	ดี	ดี	ถูกต้อง
74LS23	ไม่ทราบเบอร์	ไม่ทราบเบอร์	เสีย	เสีย	ถูกต้อง
74LS24	ไม่ทราบเบอร์	7424	ดี	ดี	ถูกต้อง

จากตาราง 4 และ 5 แสดงประสิทธิภาพและการเปรียบเทียบเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยเครื่องสามารถทราบเบอร์บนตัวถัง และตรวจสอบว่าไอซี ดีหรือเสีย โดยทดลองกับไอซีจำนวน 27 เบอร์ ผ่านเกณฑ์และถูกต้องทั้งหมดคิดเป็นร้อยละร้อย

การประเมินสมรรถนะจากผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงค่าดังต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สมรรถนะด้านต่าง ๆ ของเครื่องตรวจสอบไอซี	$\overline{X}$	SD	t-test	แปลความ
1. ด้านวิศวกรรม	3.75	0.34	1.62	ดี
2. ด้านการใช้งาน	3.88	0.32	3.59	ดี
3. ด้านกายภาพ	3.84	0.45	1.72	ดี
4. ด้านการบำรุงรักษา	4.05	0.41	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีTTL	3.88	0.38	1.87	ดี

จากตาราง 6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL โดยการทดสอบใน 4 ด้านคือ ด้านวิศวกรรม ($\overline{X}$ = 3.75, S.D = 0.45 , t- test = 1.72) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ด้านการใช้งาน ($\overline{X}$ = 3.88, S.D = 0.32 , t- test = 3.59) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ด้านกายภาพ ($\overline{X}$ = 3.84, S.D = 0.45 , t- test = 1.72) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ด้านการบำรุงรักษา ($\overline{X}$ = 4.05, S.D = 0.45 , t- test = 1.72) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 6 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL จากผู้เชี่ยวชาญ 10 คน ใน 4 ด้านคือ ด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน ด้านกายภาพ ด้านการบำรุงรักษา มีสมรรถนะโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ($\overline{X}$ = 3.88, S.D = 0.45 , t- test = 1.72) มีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านวิศวกรรม

ผลการประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมของเครื่องตรวจสอบไอซี TTLโดยผู้เชี่ยวชาญ 10 คน สรุปผลที่ได้จากการประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรม ดังนี้

ตาราง 7 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านวิศวกรรมของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

สมรรถนะด้านวิศวกรรม	$\overline{X}$	SD	t -test	แปลความ
1. มีคุณค่าทางวิศวกรรม	4.30	0.40	4.47	ดี
2. ความเป็นนวัตกรรมใหม่	3.10	0.40	-1.12	พอใช้
3. ใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้	3.90	0.46	2.64	ดี
4. ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี	4.00	0.49	2.74	ดี
5. ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสม	3.60	0.40	1.83	ดี
6. ความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานไฟฟ้า	3.60	0.40	1.83	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านวิศวกรรมของเครื่องตรวจสอบไอซี	3.75	0.34	1.62	ดี

จากตาราง 7 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถะด้านวิศวกรรมของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ด้านคุณค่าทางวิศวกรรมอยู่ในระดับดีคือ มีค่า $\overline{X}$ = 4.30 , S.D = 0.40 , t-test = 4.47 ด้าน ความเป็นนวัตกรรมใหม่อยู่ในระดับพอใช้ คือ มีค่า $\overline{X}$ = 3.10, S.D = 0.40 , t- test = -1.12 ด้านการใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อยู่ในระดับดีคือ มีค่า $\overline{X}$ = 3.90, S.D = 0.46 , t- test = 2.64 ด้านการใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีอยู่ในระดับดีมากคือ มีค่า $\overline{X}$ = 4.00, S.D = 0.49 , t- test = 2.74 ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสมอยู่ในระดับดีคือ มีค่า $\overline{X}$ = 3.60, S.D = 0.40 , t- test = 1.83 และความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับดี คือ มีค่า $\overline{X}$ = 3.60 เมื่อทดสอบกับเกณฑ์คะแนนจึงสามารถสรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่มีคุณค่าทางวิศวกรรม ($\overline{X}$ = 4.30) และต่ำสุดได้แก่ ความเป็นนวัตกรรมใหม่ ($\overline{X}$ = 3.10)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 7 แสดงว่าผลประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีด้านวิศวกรรมอยู่ในระดับดีเครื่องมี คุณค่าทางวิศวกรรม มี ความเป็นนวัตกรรมใหม่ มีการใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี โดย ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสมโดยคุณค่าทางวิศวกรรม และใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยซึ่ง มีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

2. ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านการใช้งาน

ผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยผู้เชี่ยวชาญ 10 คน สรุปผลที่ได้จากการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งาน มีดังนี้

ตาราง 8 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

สมรรถนะด้านการใช้งาน	$\overline{X}$	SD	t-test	แปลความ
1. ขั้นตอนการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL	3.70	0.42	1.94	ดี
2. ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสม	4.20	0.40	4.47	ดี
3. ความสะดวกในการใช้งาน	3.90	0.40	1.83	ดี
4. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.30	0.40	4.47	ดี
5. สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม	3.30	0.40	1.83	พอใช้
ค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซี	3.88	0.32	3.59	ดี

จากตาราง 8 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ด้านขั้นตอนการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL อยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.70, S.D = 0.42 , t- test = 1.94 ด้านการใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสม อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.20 , S.D = 0.40 , t- test = 4.47 ด้านความสะดวกในการใช้งาน อยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.90, S.D = 0.49 , t- test = 1.83 ด้านความสะดวกในการเคลื่อนย้ายอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.30 , S.D = 0.40 , t- test = 4.47 ด้านสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม อยู่ในระดับพอใช้ คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.30, S.D = 0.49 , t- test = 1.83 เมื่อทดสอบกับเกณฑ์คะแนนจึงสามารถสรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่ ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมและความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ($\overline{X}$ = 4.20) และต่ำสุดได้แก่ขั้นตอนการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ($\overline{X}$ = 3.30)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 8 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไอซีTTL อยู่ในระดับดี เครื่องตรวจสอบมีขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมมีความสะดวกในการใช้งานโดยมีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยด้านการใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมและความสะดวกในการเคลื่อนย้าย มีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

3. ผลการประเมินด้านสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านกายภาพ

การประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีTTLโดยผู้เชี่ยวชาญ 10 คน สรุปผลที่ได้จากการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ มีดังนี้

ตาราง 9 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

สมรรถนะด้านกายภาพ	$\overline{X}$	SD	t-test	แปลความ
1. ความแข็งแรงของโครงสร้าง	4.10	0.49	2.74	ดี
2. การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม	3.70	0.40	1.83	ดี
3. เครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสม	3.80	0.43	1.98	ดี
4. เครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม	3.50	0.38	1.62	ดี
5. มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร	4.10	0.49	2.74	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL	3.84	0.45	1.72	ดี

จากตาราง 9 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีTTL ด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง อยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.10, S.D = 0.49 , t- test = 2.74 ด้านการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสมอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.70, S.D = 0.49, t- test = 1.83 ด้านเครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสมอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.80, S.D = 0.43 , t- test = 1.98 ด้านเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสมอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.50, S.D = 0.38 , t- test = 1.62 และมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจรอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.10, S.D = 0.49 , t- test = 2.74 เมื่อทดสอบกับเกณฑ์คะแนนจึงสามารถสรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่ ความแข็งแรงของโครงสร้างกับมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร ($\overline{X}$ = 4.10) และต่ำสุดได้แก่ เครื่องมีขนาดกะทัดรัดเหมาะสมกับเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม ($\overline{X}$ = 3.50)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 9 แสดงว่าการประเมินทางด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL อยู่ในระดับดี เครื่องตรวจสอบมีความแข็งแรงของโครงสร้างดีมาก การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ตัวเครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสม ซึ่งเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม และมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร โดยความแข็งแรงของโครงสร้างและความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจรมีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

4. ผลการประเมินด้านสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ทางด้านการบำรุงรักษา

การประเมินสมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL โดยผู้เชี่ยวชาญ 10 คน สรุปผลที่ได้จากการประเมินสมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษา มีดังนี้

ตาราง 10 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา	$\overline{X}$	SD	t-test	แปลความ
1. อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย	4.60	0.49	2.74	ดีมาก
2. การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย	4.00	0.75	0.60	ดี
3. มีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก	3.70	0.40	1.98	ดี
4. คาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาได้	3.70	0.40	-1.12	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี	4.05	0.41	0.55	ดี

จากตาราง 10 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL ในด้านอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.60, S.D = 0.49 , t- test = 2.74 ด้านการตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่ายอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 4.00, S.D = 0.75 , t- test = 0.60 ส่วนด้านมีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มากอยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.70, S.D = 0.40 , t- test = 1.98 และคาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่า $\overline{X}$ = 3.70, S.D = 0.40 , t- test = -1.12 เมื่อทดสอบกับเกณฑ์คะแนนจึงสามารถสรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่ ในด้านอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย ($\overline{X}$ = 4.60)และต่ำสุดได้แก่ คาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาได้ และจุดตรวจซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก ($\overline{X}$ = 3.70)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 10 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ด้านการบำรุงรักษาของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL อยู่ในระดับดี โดยอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย มีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก และคาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาต่อได้โดยอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย มีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ตาราง 11 แสดงผลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ		ความถี่
ด้านวิศวกรรม	ควรให้มีฟังก์ชั่นการใช้งานให้มากกว่านี้โดยควรจะเพิ่มคุณสมบัติในการตรวจสอบ IC In Broad Circuit โดยพัฒนาให้รองรับ IC Packaging แบบใหม่ ๆ ให้ได้ด้วย การแสดงผลจะออกมาว่า Fail หรือ Pass ซึ่งน่าจะมีข้อมูลอธิบายเพิ่มเติมว่า Pass ด้วยค่าไร Fail ด้วยค่าเท่าไร และในกรณีที่ไอซีตัวนั้นเสียก็สามารถทราบเบอร์ที่กำลังตรวจสอบได้ด้วย	7
ด้านการใช้งาน	ควรจะเพิ่มรูปแบบโดยให้สามารถใช้งานผ่าน Pc ได้ด้วยเพิ่ม Menu ให้สำหรับใส่ข้อมูล IC เบอร์ที่ไม่มีอยู่ใน Data Base ได้ด้วยรวมถึงให้เครื่องสามารถตรวจสอบไอซีได้หลายชนิดกว่านี้	5
ด้านกายภาพ	ควรเพิ่ม Support IC Package Type ให้มากขึ้น และขนาดของเครื่องมีขนาดใหญ่เกินไปควรออกแบบให้มีขนาดเล็กลงกว่านี้เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย	3
อื่น ๆ	ควรให้เครื่องสามารถใช้งานโดยใช้ไฟจากแบตเตอรี่ได้	1

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 11 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยรวมด้านวิศวกรรมเสนอให้สามารถมีการทำงานที่หลากหลายเพื่อรองรับไอซี ชนิดใหม่ ๆ ด้านการใช้งานเสนอให้สามารถต่อโดยผ่าน PC เพื่อให้มีขีดความสามารถในการตรวจสอบดียิ่งขึ้น ด้านกายภาพเสนอให้เครื่องมีขนาดที่เล็กกว่านี้ เพื่อสะดวกในการพกพาไปใช้งานส่วนความคิดเห็นอื่น ๆ เสนอให้เครื่องสามารถใช้กับแบตเตอรี่ได้

บทที่ 5
สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี TTL เพื่อทดสอบหาสมรรถนะและลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL จำนวน 4 ด้าน คือด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน ด้านกายภาพ และด้านการบำรุงรักษา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน เป็นผู้ประเมิน มีรายละเอียด ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTLที่สร้างขึ้น ในด้านวิศวกรรม ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน และ ด้านการบำรุงรักษา

ความสำคัญของการวิจัย

ได้เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL ที่ได้ทำให้ทราบว่าไอซี ดีหรือเสีย รวมทั้งเบอร์รหัสหมายเลขของไอซีชนิด TTL ที่อยู่บนตัวถังในกรณีเบอร์รหัสบนตัวถังของไอซีลบเลือน ได้อย่างถูกต้องก่อนนำ ไอซีชนิด TTL ไปใช้งานเพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการตรวจสอบไอซีชนิด TTL รวมทั้งลดระยะเวลาในการทำงาน

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพด้านต่าง ๆอยู่ในเกณฑ์ดีซึ่ง สามารถบอกรหัสหมายเลขบนตัวถังของไอซี ชนิด TTL ได้อย่างถูกต้องรวมถึงสามารถแสดงผลว่าไอซีชนิด TTL ดีหรือเสีย และมี สมรรถนะด้านวิศวกรรม สมรรถนะด้านการใช้งาน สมรรถนะด้านกายภาพ สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์ดี

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเชิงทดลอง เพื่อเป็นต้นแบบในการตรวจสอบไอซี TTL ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าดำเนินการรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL

3. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้
4. กำหนดระยะเวลาและสถานที่ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
5. สร้างเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
6. ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ ไอซี TTL
7. ประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

สรุปผลของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ทดลองการทำงานหาประสิทธิภาพและสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL นำผลการทดสอบมานำเสนอเพื่อให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายของการวิจัย สรุปได้ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL สามารถบอกรหัสหมายเลขบนตัวถังของไอซีได้อย่างถูกต้อง รวมถึงสามารถแสดงทราบว่าไอซีชนิด TTL ดีหรือเสีย ในการออกแบบวงจรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 K bytes มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต จำนวน 4 พอร์ตซึ่งพอร์ต (P1.0 – P1.7) จะใช้เป็นพอร์ตสำหรับแสดงผลส่วนพอร์ต (P1.5 – P1.7) , P2 (P2.0 – P2.7) , P3 (P3.0 – P3.7) เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลให้กับตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบโดยมีอุปกรณ์ตัวกลางคือ Zip Socket เป็นตัวส่งผ่านข้อมูล แล้วแสดงผลที่ Lcd

2. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีประสิทธิภาพดังนี้

2.1 สามารถทราบว่าไอซีดีหรือเสียได้อย่างถูกต้องทุกตัว คือ ในไอซีชนิด TTL จะมีเกทหลาย ๆ ตัวอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน เกทบางตัวในไอซีชนิด TTL เสียในขณะที่เกทตัวอื่น ๆ ยังคงใช้งานได้จึงต้องมีการตรวจสอบว่า เกททุกตัวในไอซีไม่เสียจึงจะสามารถนำไปใช้งานได้

2.2 สามารถทราบเบอร์ของไอซีที่อยู่บนตัวถังได้อย่างถูกต้องทุกตัว คือ การทราบรหัสบนตัวถังของไอซี ที่ต้องการเปลี่ยนไอซีหากกรณีไอซีนั้นชำรุด ซึ่งในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์บางวงจรเลขรหัสบนตัวถัง ของไอซีอาจเก่าจนมองไม่ชัดเจน หรือถูกทำให้ลบเลือน โดยเครื่องตรวจสอบจะทำให้ทราบว่าไอซีนี้เบอร์อะไร เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3. สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ด้านวิศวกรรมจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 6 ข้อ คือ มีคุณค่าทางวิศวกรรมเป็นนวัตกรรมใหม่ มีการใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี โดย ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสมโดยคุณค่าทางวิศวกรรม มีผลการประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมอยู่ในระดับดี

3.2 ด้านการใช้งานจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือเครื่องตรวจสอบมีขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมมีความสะดวกในการใช้งานโดยมีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยด้านการใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมและความสะดวกในการเคลื่อนย้ายมีผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี

3.3 ด้านกายภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือเครื่องตรวจสอบมีความแข็งแรงของโครงสร้างดีมาก การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ตัวเครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสม ซึ่งเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม และมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร โดยความแข็งแรงของโครงสร้างและความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจรผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพอยู่ในระดับดี

3.4 ด้านการบำรุงรักษาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนตอบแบบประเมินจำนวน 4 ข้อ คืออุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่าย การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย มีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก และคาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาต่อได้โดยอุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่ายผลการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรัษาอยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ทดลองการทำงานหาประสิทธิภาพและสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL จากสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้คือ เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งในการออกแบบวงจรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 K bytes มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต จำนวน 4 พอร์ตได้แก่พอร์ต (P1.0 – P1.7) จะใช้เป็นพอร์ตสำหรับแสดงผลส่วนพอร์ต (P1.5 – P1.7) , P2 (P2.0 – P2.7) , P3 (P3.0 – P3.7) เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับและส่งข้อมูลให้กับตัวไอซี TTL ที่นำมาทดสอบโดยมีอุปกรณ์ตัวกลางคือ Zip Socket เป็นตัวส่งผ่านข้อมูล แล้วแสดงผลที่ Lcd ในการออกแบบนี้สามารถตรวจสอบไอซี ตั้งแต่ 14-24 ขา ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ โกษา สัมมาถิรชัย ชุมเทพ ชุมมุง และพุทธิชัย ทัพศิลา. (2542). ได้ทำการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีดิจิตอลและโปรแกรมอีพรอม ซึ่งในการตรวจสอบไอซีดิจิตอลตระกูลทีทีแอลและซีมอสว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือเสีย โดยสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอมพิวเตอร์และควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่อยู่ในตัวเครื่อง และงานวิจัยของ วินัย ยกถาวร สุเมธ จังศิริวัฒนา และอรรณพ ธรรมกิรติ. (2547). ได้สร้างเครื่องตรวจสอบเกตไอซีตระกูลทีทีแอล 74 ซึ่งใช้

ตรวจสอบเกตภายในของไอซีเกตตระกูลทีทีแอล 74 และจะแสดงผลด้วยโมดูล LCD แบบอักขระขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด สามารถตรวจสอบไอซีได้ 22 เบอร์

2. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL สามารถสามารถตรวจสอบได้ว่า ไอซี ดีหรือเสีย และสามารถระบุเบอร์บนตัวถังของไอซีได้ โดยแบ่งการทำงาน 2 กรณีด้วยกันคือ

2.1 สามารถทำการป้อนเบอร์ไอซีที่ต้องการทดสอบก่อนแล้วตรวจสอบว่าไอซีดีหรือเสียก่อนนำไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องทุกตัว ซึ่งในการวิจัยในเป็นไปตามทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 K bytes ของชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล (2546) และสอดคล้องกับงานวิจัยของวินัย ยกถาวร สุเมธ จังศิริวัฒนา และอรรณพ ธรรมกิรติ (2547) ได้สร้างเครื่องตรวจสอบเกตไอซีตระกูลทีทีแอล 74 ซึ่งใช้ตรวจสอบเกตภายในของไอซีเกตตระกูลทีทีแอล 74 และจะแสดงผลด้วยโมดูล LCD แบบอักขระขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด สามารถตรวจสอบไอซีได้ 22 เบอร์

2.2 สามารถตรวจสอบได้โดยอัตโนมัติ เครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบของไอซี ชนิด TTL แต่ละเบอร์โดยแสดงผลออกทางจอ LCD ได้อย่างถูกต้องทุกตัวก่อนนำไอซีไปใช้งานซึ่งในการวิจัยในเป็นไปตามทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89V51RD2 หน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 64 K bytes ของชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล (2546) และสอดคล้องกับงานวิจัยของโกษา สัมมาถิรชัย ชุมเทพ ชุมมุง และพุทธิชัย ทัพศิลา. (2542). ได้ทำการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีดิจิตอลและโปรแกรมอีพรอมซึ่งในการตรวจสอบไอซีดิจิตอลตระกูลทีทีแอลและซีมอสว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือเสีย โดยสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอมพิวเตอร์และควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ที่อยู่ในตัวเครื่อง

3. สมรรถนะด้านต่าง ๆ ของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีรายละเอียดดังนี้

3.1 สมรรถนะด้านวิศวกรรมมีการประเมินจำนวน 6 ข้อคือ มีคุณค่าทางวิศวกรรมเป็นนวัตกรรมใหม่ มีการใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี โดย ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสมโดยคุณค่าทางวิศวกรรม มีผลการประเมินสมรรถนะด้านวิศวกรรมอยู่ในระดับดี

3.2 สมรรถนะด้านการใช้งานจากการประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินอยู่ในระดับดีเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า ด้านที่อยู่ในระดับ ดีมากคือ การเคลื่อนย้ายเครื่องมีความสะดวกสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัยวุฒิ ธงเงิน (2550) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบรีเลย์ มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสามารถทำการถอดประกอบเครื่องได้ มีการติดตั้งเครื่องได้ง่ายและรวดเร็ว และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยงยุทธ วิฑูธีรศาสตร์ (2541) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์ สามารถใช้งานและเคลื่อนย้ายได้สะดวก และรองลงมาอยู่ในระดับ ดี ตามลำดับคือ

เครื่องตรวจสอบมีขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสมมีความสะดวกในการใช้งาน และสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3 สมรรถนะด้านกายภาพจากการประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการการประเมินอยู่ในระดับดีเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า ด้านที่อยู่ในระดับ ดีมากคือ ความปลอดภัยทางไฟฟ้าสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ไกรเลิศ (2549) ได้พัฒนาเครื่องบันทึกการลงเวลาปฏิบัติงานของพนักงาน ความปลอดภัยเครื่องบันทึกการลงเวลาปฏิบัติงานของพนักงาน รองลงมาในระดับดีตามลำดับคือเครื่องตรวจสอบมีความแข็งแรงของโครงสร้าง การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ตัวเครื่องมีขนาดกระทัดรัดเหมาะสม ซึ่งเครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม และมีความปลอดภัยจากไฟฟ้า

3.4 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา จากการประเมินจำนวน 4 ข้อ ผลการการประเมินอยู่ในระดับดีเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า ด้านที่อยู่ในระดับ ดีมากคือ อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาหาง่ายสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมชาย สุขพันธ์ (2531) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์การซ่อมบำรุงหาซื้อง่าย และรองลงมาอยู่ในระดับ ดี ตามลำดับคือ การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย มีจุดสำหรับตรวจและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก และคาดว่าในอนาคตสามารถแก้ไขเพื่อสามารถพัฒนาต่อไปได้

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL นั้นมีความจำเป็นสำหรับใช้ในการเรียน การสอนในระดับอาชีวศึกษา ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบไอซีว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ อย่างรวดเร็ว ทำให้นักเรียนทำโครงงานได้เร็วขึ้น ซึ่งปัจจุบันในท้องตลาดเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL นี้มีฟังก์ชั่นที่มากเกินความจำเป็น และมีราคาที่ค่อนข้างแพง โดยเฉลี่ยต่อเครื่องอยู่ที่ประมาณ 8,500 – 30,000 บาท ทำให้บางโรงเรียนไม่สามารถของบประมาณซื้อได้ เนื่องจากมีความจำเป็นน้อยเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นที่ใช้ในการเรียนการสอน แต่เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL เครื่องนี้ทางโรงเรียนสามารถผลิตขึ้นเองได้โดยมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ (ประมาณ 3,500 บาท/เครื่อง) เมื่อเปรียบเทียบกับราคาตามท้องตลาด ทำให้สามารถช่วยทางโรงเรียนลดค่าใช้จ่ายในการที่จะต้องซื้อเครื่องตรวจสอบไอซีที่มีราคาแพง และเป็นการช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนที่ต้องการทำโครงงาน หรือลงแล็ปในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้านี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยได้เสนอแนะเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ ในการศึกษาค้นคว้าในอนาคต ดังนี้

1. เครื่องตรวจสอบไอซีสามารถหาเบอร์ของไอซีได้โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องกำหนดเบอร์ก่อนในทุกกรณี

2. ลายแผ่นทองแดงของ ชุดตรวจสอบกับแหล่งจ่ายไฟ ควรออกแบบเป็นแผ่นเดียวกับเพื่อลดการเดินสายไฟฟ้าและสะดวกในการวางอุปกรณ์

3. ควรออกแบบให้สามารถใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้น้อยกว่านี้เพื่อให้เนื้อที่ของเครื่องมีขนาดเล็กและบางลง

4. ควรมีโหมดการทำงานต่าง ๆ ให้มากขึ้น

5. มีหน่วยความจำข้อมูลและหน่วยประมวลผลที่ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะครั้งต่อไป

1. เครื่องตรวจสอบไอซีมีต้องการกำลังไฟฟ้าน้อยและวงจรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อให้เครื่องมีขนาดเล็กลง

2. เครื่องตรวจสอบไอซีมีการทำงานที่หลากหลายขึ้นสามารถตรวจสอบไอซีได้หลายชนิด

3. เครื่องตรวจสอบไอซีสามารถระบุว่าเกทไหนในไอซีเสีย

4. เครื่องตรวจสอบไอซีสามารถแสดงเบอร์ได้อย่างถูกต้องกรณีรหัสบนตัวลบเลือนถึงแม้ไอซีที่ตรวจสอบจะเสียก็ตาม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กฤษดา วิศวธีรานนท์. (2536). *เรียน/เล่น/ใช้/ไอซีดิจิตอล*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).

กฤษดา วิศวธีรานนท์ และมานะ ศรียุทธศักดิ์. (2542). *เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

โกษา สัมมาถิรชัย ชุมเทพ ชุมมุง และพุทธิชัย ทัพศิลา. (2542). *เครื่องตรวจสอบไอซีดิจิตอลและโปรแกรมอีพรอม*. วิทยานิพนธ์ คอ.บ.(อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.

เจน สงสมพันธุ์. (2531). *เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เล่ม1*. กรุงเทพฯ: โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ.

เฉลิมพล ศรีอนันท์. (2531*). เครื่องทดสอบสารกึ่งตัวนำ*. คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์.114:120-122

ชนัญทิพ วิรัชศิลป์ และชนาธิป นิลแก้ว. (2540). *เครื่องตรวจสอบไอซีทีทีแอลวิทยานิพนธ์* วศ.บ. (วิชาเอกอิเล็กทรอนิกส์). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวุฒิ ธงเงิน. (2550). *การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบรีเลย์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล. (2538). *เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51*. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟเอ็กเบอริเมนต์.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล. (2546). *คู่มือปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51*. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟเอ็กเบอริเมนต์.

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

ทรงวุฒิ พานิช. (2542). *การสร้างชุดการสอนวิชาทฤษฎีช่างกลทั่วไปเรื่องเครื่องมือวัดตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538กรมอาชีวศึกษา*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ .ถ่ายเอกสาร.

ธวัชชัย เลื่อนฉวี และอนุรักษ์ เถื่อนศิริ. (2543). *ดิจิตอลเทคนิค*. พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2545*). ดิจิตอลลอจิก*.. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน).

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

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2545). *วงจรดิจิตอลและการออกแบบลอจิก*. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.

ปกรณ์ ชุนหสวัสดิกุล. (2539*). การพัฒนาระบบแสวงหาข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประทิน คล้ายนาค. (2529). *ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ประยูร บุญฤทธิ์. (2543). *การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประสงค์ สืบชาติ. (2545*). ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พิพัฒน์ พูลเกษม. (2544). *เครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51*. ปริญญานิพนธ์ อส.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พิพัฒน์ เลาหสงคราม. (2537). *พื้นฐานวิศวกรรมไมโครโพรเซสเซอร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพัฒน์ เลาหสงคราม. (2539). *ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

ยงยุทธ วิฑูธีรศานต์. (2541*). การออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

ยืน ภู่วรวรรณ. (2538). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์1*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ยืน ภู่วรวรรณ. (2538). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์2*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วัฒนา แก้วดุก. (2546). *การออกแบบดิจิตอลวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิฑูรย์ อิ่มสมุทร.(2539).*ระบบวัดความสิ้นเปลืองของพลังงานไฟฟ้า*. ปริญญานิพนธ์ อส.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วินัย ยกถาวร สุเมธ จังศิริวัฒนา และอรรณพ ธรรมกิรติ. (2547). *เครื่องตรวจสอบเกตไอซีตระกูลทีทีแอล 74*. วิทยานิพนธ์ คอ.บ.(เทคโนโลยีการวัดคุมทางอตสาหกรรม). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมคิด วิริยประสิทธิ์ชัย และสมบรูณ์ มาลานนท์. (2538). *ทฤษฎีและการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น*. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซนเตอร์.

สมชาย สุขพันธ์. (2531). *เครื่องมือวัดคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์*.กรุงเทพฯ:วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. 86: 156 –162.

สุเจตน์ จันทรังษ์. (2539). *INTRODUCTION TO DIGITAL CIRCUITS.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

สุรศักดิ์ ไกรเลิศ. (2549). *การพัฒนาเครื่องบันทึกการลงเวลาปฏิบัติงานของพนักงาน.*ปริญญานิพนธ์กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สุวัฒน์ รอดผล. (2544*). ดิจิตอลและการออกแบบวงจรลอจิก.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).

อุดม จีนประกอบผล. (2546). *ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

อุทัย สุขสิงห์. (2543). *วงจรดิจิตอลและการออกแบบวงจรลอจิก*. อุบลราชธานี: ฝ่ายผลิตและบริการเอกสาร มหาวิทยาอุบลราชธานี.

_____. (2535, ตุลาคม) ไมโครแชนแนล ตอน MCS-51กับ LCD. *วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์*. 121: 117-122.

Baici&Hikmet. (1999). *A new adaptive defrost method*, its instrumentation, and experimental Verification.

Schmit&Roger. (2003). *Design of a portation pulse rate meter*.

ภาคผนวก ก
แบบประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

แบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

คำอธิบาย

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นแบบประเมินการออกแบบและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL เกี่ยวกับความเหมาะสมด้านต่าง ๆ โดยกำหนดให้เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL สามารถทราบว่าไอซีชนิด TTL ดีหรือเสีย รวมทั้งทราบรหัสหมายเลขของไอซี ที่อยู่บนตัวถัง ในกรณีเบอร์รหัสบนตัวถังของไอซี TTL ลบเลือน ได้อย่างถูกต้อง โดยใช้หลักการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลแล้วประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์AT89V51RD2 แล้วแสดงผลออกทางจอ LCD

ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาและพัฒนาต่อไปผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้ช่วยตอบแบบประเมิน และเสนอแนะแสดงความคิดเห็นในงานวิจัยนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณอย่างสูง
นาย พิพัฒน์ อินทร์มณี
นิสิตปริญญาโทสาขาอุตสาหกรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำชี้แจง

1.วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือประกอบในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เพียงใด

2. ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในกรอบ ( ) หน้าข้อความ และ / หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 25 – 30 ( ) 31 – 35 ( ) 36 – 40 ( ) 41 ขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท ( ) ปริญญาเอก

4. ประสบการณ์ในการทำงาน

( ) 5 – 10 ปี ( ) 11 – 15 ปี ( ) 16 – 20 ปี ( ) 21 ปีขึ้นไป

5. สาขาที่ปฏิบัติงานอยู่ในปัจจุบัน

( ) คอมพิวเตอร์ ( ) ไฟฟ้ากำลัง ( ) อิเล็กทรอนิกส์ ( ) อื่น ๆ

3. โครงสร้างการทำงานและวงจรเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

โครงสร้างการทำงานของเครื่องตรวจสอบไอซี TTL มีการทำงาน 2 สภาวะด้วยกันคือ

สภาวะที่ 1 กรณีทราบเบอร์บนตัวถัง

เมื่อต้องการตรวจสอบไอซีชนิด TTL และต้องการทราบว่าการตรวจสอบไอซีว่า ดีหรือเสีย สามารถเสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงบนบอร์ด เมื่อเรียบร้อยแล้วก็กดปุ่มเลือกเบอร์ไอซีให้ตรงกับเบอร์ที่อยู่บนตัวถังของไอซี และกดปุ่ม Test เพื่อตรวจสอบเครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบ แต่ถ้าเครื่องทำการประมวลผลแล้วไม่พบข้อมูลในหน่วยความจำเครื่องจะแสดงคำว่า Fail ออกมาที่หน้าจอ เนื่องจากไอซีตัวนั้นเสียหรือไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ

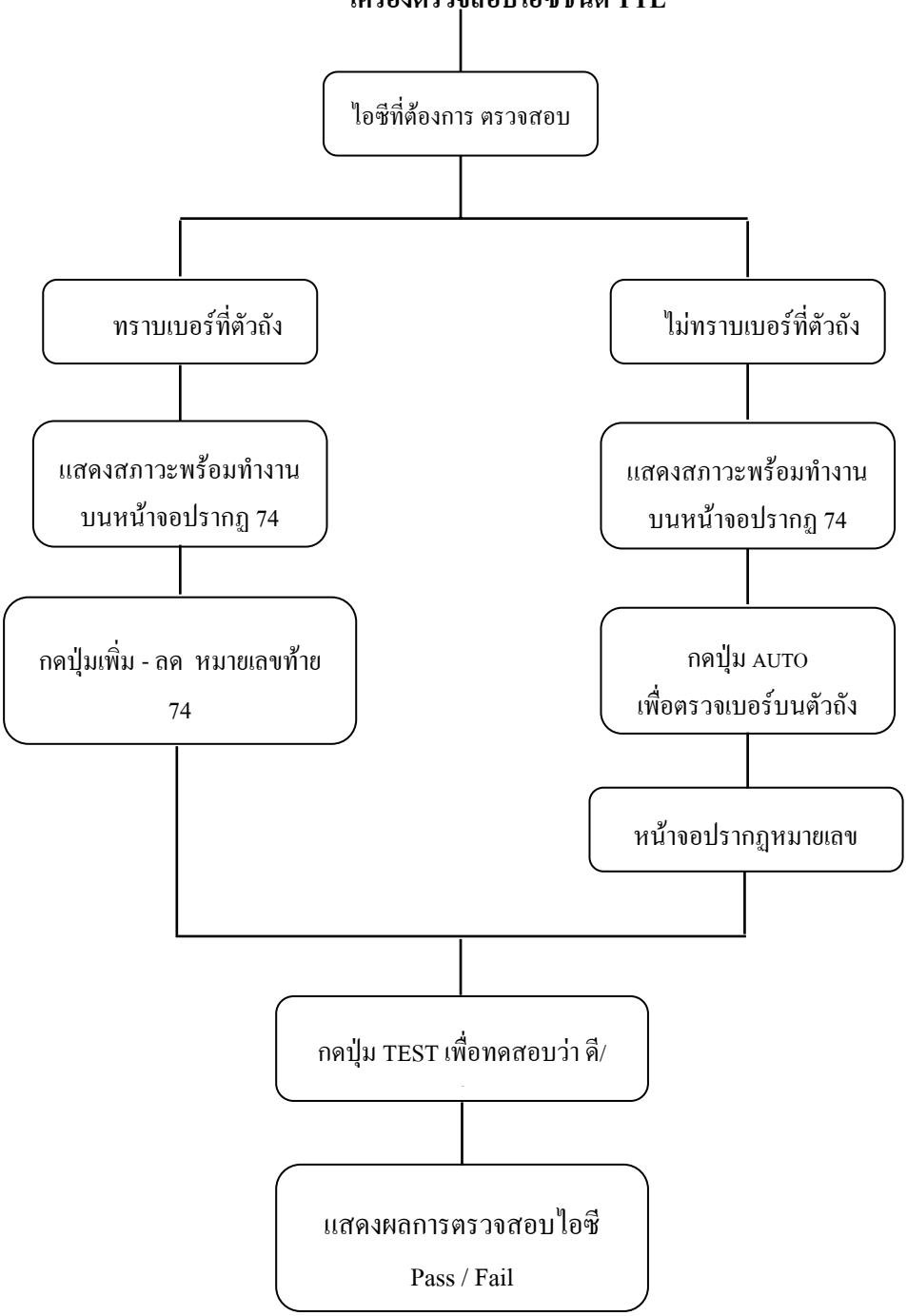
สภาวะที่ 2 กรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถัง

เมื่อต้องการตรวจสอบไอซี ในกรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวถังของไอซีและต้องการทราบว่าไอซีที่ต้องการตรวจสอบดีหรือเสียสามารถเสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงบนบอร์ด และกดปุ่ม Auto

เพื่อให้เครื่องหาเบอร์ให้ตรงกับไอซีที่ต้องการตรวจสอบ และเมื่อเครื่องแสดงเบอร์เรียบร้อยแล้วต่อมากดปุ่ม Test เพื่อตรวจสอบเครื่องจะแสดงผลการตรวจสอบ แต่ถ้าเครื่องทำการประมวลผลแล้วไม่พบข้อมูลในหน่วยความจำเครื่องจะแสดงคำว่า Fail ออกมาที่หน้าจอเนื่องจากไอซีตัวนั้นเสียหรือไม่มีข้อมูลในหน่วยความจำ

แบบโครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL



รูปแสดง โครงสร้างการทำงานเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

4. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL 4 ด้าน ได้แก่ ด้านวิศวกรรม ด้านการใช้งาน ด้านทางกายภาพ ด้านการบำรุงรักษา กรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดสอบใช้เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL และมีคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

1. ระดับ 5 หมายถึง ผลประเมินระดับดีมาก
2. ระดับ 4 หมายถึง ผลประเมินระดับดี
3. ระดับ 3 หมายถึง ผลประเมินระดับปานกลาง
4. ระดับ 2 หมายถึง ผลประเมินระดับน้อย
5. ระดับ 1 หมายถึง ผลประเมินระดับน้อยมาก

แบบประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไอซีชนิดTTL

ข้อที่	รายละเอียดการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
	สมรรถนะทางด้านวิศวกรรม					
1.	มีคุณค่าทางวิศวกรรม					
2.	ความเป็นนวัตกรรมใหม่					
3.	ใช้หลักวิศวกรรมในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้					
4.	ใช้หลักการและทฤษฎีในการสร้างเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL					
5.	ใช้อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอย่างเหมาะสม					
6.	ความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานไฟฟ้า					
	สมรรถนะทางด้านการใช้งาน					
7.	ขั้นตอนการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL					
8.	ใช้เวลาในการตรวจสอบเหมาะสม					
9.	ความสะดวกในการใช้งานของเครื่อง					
10.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย					
11.	สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม					
	สมรรถนะทางด้านกายภาพ					
12.	ความแข็งแรงของโครงสร้าง					

13.	การจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม					
14.	เครื่องมีขนาดกะทัดรัดเหมาะสม					
15.	เครื่องมีรูปทรงสวยงามเหมาะสม					
16.	มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร					
	สมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษา					
17.	อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาสามารถหาได้ง่าย					
18.	การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องทำได้ง่าย					
19.	มีจุดตรวจซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ มาก					
20.	สามารถแก้ไขเพื่อพัฒนาต่อได้					

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.1 สมรรถนะทางด้านวิศวกรรม

.....

.....

4.2 สมรรถนะทางด้านการใช้งาน

.....

.....

4.3 สมรรถนะทางด้านกายภาพ

.....

.....

4.4 สมรรถนะทางด้านการบำรุงรักษา

.....

.....

4.5 อื่น ๆ

.....

.....

ผู้เชี่ยวชาญ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

ประเมินวันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี TTL

คู่มือการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL

ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL นี้ สร้างขึ้นเพื่อทำให้ผู้ที่ต้องการใช้งานไอซีสามารถทราบว่าไอซีที่ต้องการนำมาใช้งานนั้นอยู่ในสถานะที่พร้อมจะใช้งานได้ หรือไม่ รวมทั้งสามารถบอกเบอร์รหัสหมายเลขของไอซีชนิด TTL ที่อยู่บนตัวถัง (ในกรณีที่เบอร์รหัสบนตัวถังของไอซีนั้นลบเลือน) ได้อย่างถูกต้องก่อนที่จะนำไอซีชนิด TTL นั้นไปใช้งาน และเพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการตรวจ สอบไอซีชนิด TTL อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลงยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ฉบับนี้ จะสามารถช่วยทำให้ผู้ที่ต้องการใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

พิพัฒน์ อินทร์มณี

สารบัญ

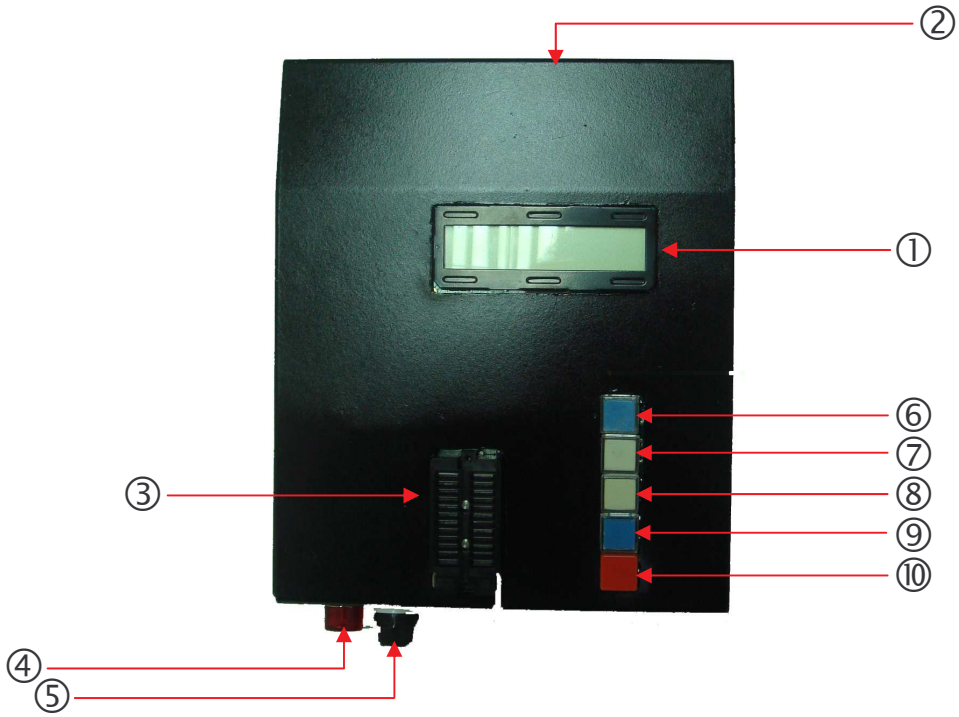
ลำดับ	หน้า
1. คำแนะนำเบื้องต้น	1
2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม	1
3. วิธีการติดตั้งและการใช้งาน	2
4. วิธีการบำรุงรักษาและแนวทางการแก้ปัญหาเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL	3

1. คำแนะนำเบื้องต้น

เครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL เป็นเครื่องวัดทางไฟฟ้าซึ่งสามารถตรวจสอบไอซีชนิด TTL ที่มีขาตั้งแต่ 14-24 ขา ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ การใช้งานแบ่งได้ 2 กรณีด้วยกันคือ กรณีแรก ผู้ใช้สามารถทำการป้อนเบอร์ไอซีที่ต้องการทดสอบก่อน กรณีต่อมา ผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้โดยอัตโนมัติ เครื่องจะ แสดงผลการตรวจสอบของไอซี ชนิด TTL แต่ละเบอร์โดยแสดงผลออกทางจอ LCD (Liquid Crystal Display) ขนาด 16 x 1 ซึ่งมีการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เบอร์ AT89V51RD2 ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่า ไอซี ดีหรือเสีย และสามารถระบุเบอร์บนตัวถังของไอซีได้ ในกรณีที่เบอร์บนตัวถังลบเลือน โดยงานวิจัยนี้สามารถตรวจสอบไอซี ได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. ไอซี TTL ลอจิกเกทธรรมดา
2. ไอซี TTL ลอจิกเกทแบบ Open Collector
3. ไอซี TTL แบบต้องการสัญญาณนาฬิกา
4. ไอซี TTL แบบ Tri State Out Put

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปแสดงส่วนประกอบ และปุ่มควบคุมเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิด TTL

หมายเลข 1 จอแสดงผล (Lcd Display)

หมายเลข 2 เต้าเสียบปลั๊กไฟ (Pulse)

หมายเลข 3 ซ๊อกเกทเสียบไอซี (Socket Zip)

หมายเลข 4 หลอดไฟ (Lamp)

หมายเลข 5 ฟิวส์ (Fuse)

หมายเลข 6 ปุ่มเลือกประเภทไอซี (Type)

หมายเลข 7 ปุ่มเลือกเบอร์ไอซี (Lower Number)

หมายเลข 8 ปุ่มเลือกเบอร์ไอซี (Upper Number)

หมายเลข 9 ปุ่มค้นหาอัตโนมัติ (Auto)

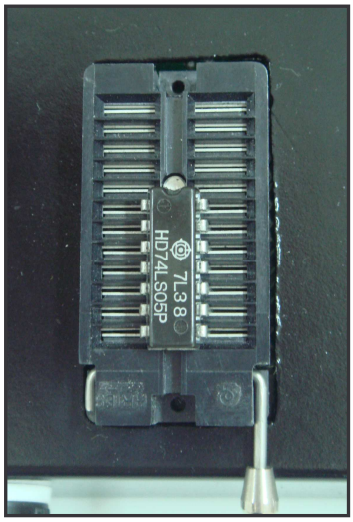
หมายเลข 10 ปุ่มทดสอบไอซี (Test)

3. วิธีการติดตั้งและการใช้งาน

3.1 วางเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

3.2 เปิดสวิตช์เครื่องตรวจสอบไอซีสังเกตหลอดไฟว่าติดหรือไม่

3.3 เสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงใน Socket แล้วล๊อคให้แน่น



3.4 ตรวจสอบตามขั้นตอนดังนี้

3.4.1 เมื่อต้องการตรวจสอบไอซีชนิด TTL กรณีทราบเบอร์บนตัวถังของไอซีสมมติ ต้องการตรวจสอบไอซีเบอร์ 7405

- เสียบไอซีลงใน Socket หน้าจอ Lcd ปรากฏ *Entry*

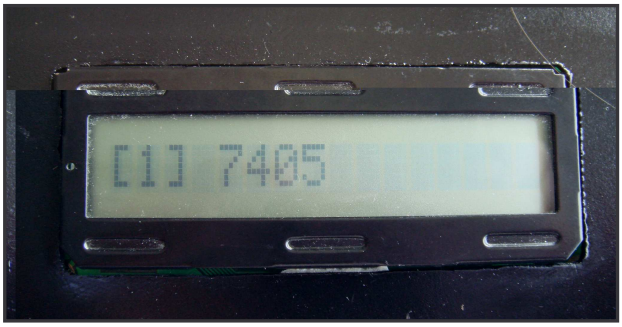
" Power ON " , Put IC

- เลือกชนิดของไอซีที่ต้องการตรวจสอบ หน้าจอ Lcd ปรากฏ *7400*

" Type"

- กดปุ่ม " Upper " เพื่อเพิ่ม หมายเลขของไอซีให้ตรงกับเบอร์ที่ต้องการตรวจสอบ โดยปุ่ม Upper - Lower สามารถเพิ่ม - ลด หมายเลขได้ ทีละ 1 เช่นกด " Upper " จนหน้าจอ Lcd ปรากฏ *7405*

" Upper "



- จากนั้นกดปุ่ม “ Test ” เพื่อตรวจสอบว่าไอซีใช้งานได้หรือไม่ หากตรวจสอบพบว่าค่าที่ได้จากการตรวจสอบนั้นตรงกับฐานข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องจะทำการแสดงผลการตรวจสอบว่าไอซีใช้ได้ หน้าจอ Lcd จะปรากฏ *7405 Pass*

“ Test ”

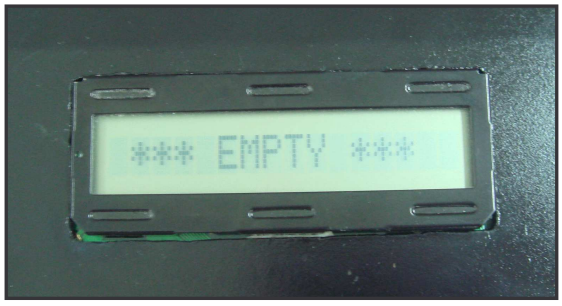
- แต่หากตรวจสอบแล้วพบว่าค่าที่ได้จากการตรวจสอบนั้นไม่ตรงกับฐานข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องจะทำการแสดงผลการตรวจสอบว่าไอซีใช้ไม่ได้ หน้าจอ Lcd จะปรากฏ *7405 Fail*

“ Test ”

3.4.2 เมื่อต้องการตรวจสอบไอซีชนิด TTL กรณีไม่ทราบเบอร์บนตัวของไอซี กรณีมีข้อมูลของไอซีในฐานข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์

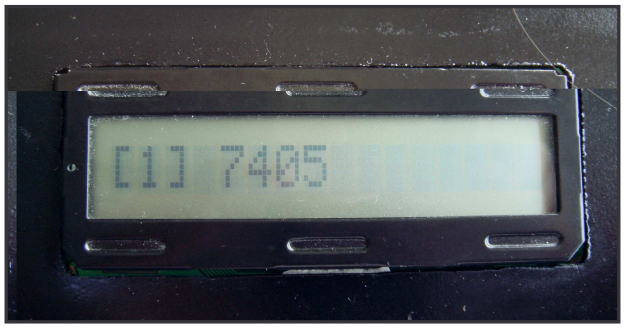
- เสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงใน Socket หน้าจอ Lcd ปรากฏ *Entry*

“ Power ON ” , Put IC



- กดปุ่ม “ Auto ” เพื่อให้เครื่องตรวจสอบแสดงเบอร์บนตัวถังของไอซีที่ต้องการตรวจสอบ ถ้ามีข้อมูลของไอซีในฐานข้อมูลของไมโครคอนโทรเลอร์ หน้าจอ Lcd จะปรากฏรหัสบนตัวถังเช่น *7405*

“ Auto ”



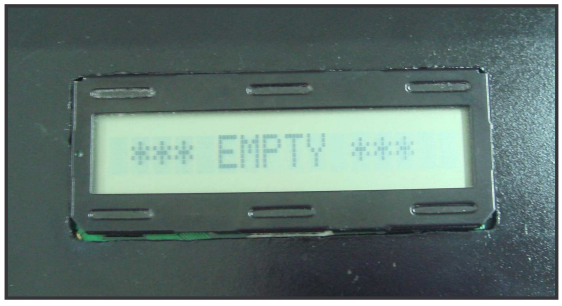
- จากนั้นกดปุ่ม “ Test ” เพื่อตรวจสอบว่าไอซีใช้งานได้หรือไม่ หากตรวจสอบพบว่าค่าที่ได้จากการตรวจสอบนั้นตรงกับฐานข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องจะทำการแสดงผลการตรวจสอบว่าไอซีใช้ได้ เช่นหน้าจอ Lcd จะปรากฏ *7405 Pass*

“ Test ”

กรณีไม่มีข้อมูลของไอซีในฐานข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์

- เสียบไอซีที่ต้องการตรวจสอบลงใน Socket หน้าจอ Lcd ปรากฏ *Entry*

“ Power ON ” , Put IC



- กดปุ่ม “ Auto ” เพื่อให้เครื่องตรวจสอบแสดงเบอร์บนตัวถังของไอซีที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าไม่มีข้อมูลของไอซีในฐานข้อมูลของไมโครคอนโทรเลอร์ หน้าจอ Lcd จะปรากฏข้อความเช่น *NOT FOUD*

“ Auto ”

- จากนั้นกดปุ่ม “ Test ” เพื่อตรวจสอบว่าไอซีใช้งานได้หรือไม่ หากตรวจสอบพบว่าค่าที่ได้จากการตรวจสอบนั้นไม่ตรงกับฐานข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องจะทำการแสดงผลการตรวจสอบว่าไอซีใช้ไม่ได้ เช่นหน้าจอ Lcd จะปรากฏ *NOT FOUND*

“ Test ”

4. วิธีการบำรุงรักษาและแนวทางการแก้ปัญหาเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

4.1 เพื่อให้การใช้งานเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL มีประสิทธิภาพที่ดีไม่มีความคลาดเคลื่อนในการใช้งาน และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีวิธีการบำรุงรักษาดังต่อไปนี้

4.1.1 หลังจากใช้งานทุกครั้ง ควรปิดสวิทช์ไฟฟ้าเสมอ

4.1.2 ถอดไอซีออกจาก Socket ทุกครั้งเมื่อตรวจสอบไอซีเสร็จเรียบร้อยแล้ว

4.1.3 อย่าทำให้เครื่องตกหรือกระแทกอย่างรุนแรง

4.1.4 อย่าให้เครื่องตรวจสอบไอซีถูกน้ำหรืออยู่ในที่ชื้น

4.1.5 ควรรักษาความสะอาดไม่ให้ฝุ่นละอองจับบริเวณตัวเครื่องตรวจสอบไอซี เพื่อป้องกันการอ่านค่าที่ผิดพลาด

4.2 แนวทางแก้ปัญหาเครื่องตรวจสอบไอซีชนิด TTL

4.2.1 เครื่องไม่ทำงาน

- ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ สวิทช์ ปลั๊ก

4.2.2 จอ LCD แสดงข้อความผิดเพี้ยน

- กดปุ่มใช้งานให้ถูกตามขั้นตอน
- การเลือกชนิดไอซี
- ไอซีไม่ในฐานข้อมูล

4.2.3 จอ LCD ไม่แสดงผลการตรวจสอบ

- ตรวจสอบการวางไอซีที่ Socket

ภาคผนวก ค
หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๖๐

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖/ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นางสาวนุชนภา แสนศิลา

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๕๘

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๗/ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายชัยณรงค์ เรืองทับ

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๘๘

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๗ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายธนกร อุ่ยมานะชัย ผู้จัดการฝ่ายบำรุงรักษาเครื่องจักร บริษัท Utac Thai

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล และ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๕๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๗ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายทรัพยคุณ แบงศรี

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐ ๗๕๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๕ / มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายจักรพันธ์ สุขเจริญ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบคอมพิวเตอร์

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๖๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๗/ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายกิตติ กิตติวัชราพงศ์

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบวงจร เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๖๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๗ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นางสาวอินทุอร รูปสว่าง

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบวงจร เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/0763

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

21 มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายนรา ทับเพชร

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/0757

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

9 / มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายทนงศักดิ์ ยมสูงเนิน

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

ที่ ศธ 0519.12/๐๗๖๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๓ / มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายฉัตรชัย เลิศไตรรักษ์

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะ และลักษณะทางกายภาพ เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-652-4200, 081-043-1591

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5730

ที่ ศธ 0519.12/๐๖๑๑ **วันที่** ๘/ มกราคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายพิพัฒน์ อินทร์มณี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย เครื่องตรวจสอบไอซี ชนิดทีทีแอล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพิพัฒน์ อินทร์มณี และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นาย พิพัฒน์ อินทร์มณี

เกิดวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2521

ที่อยู่ปัจจุบัน 242/1 ม. 3 ต. สำโรง อ. พระประแดง สมุทรปราการ 10130

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

หน่วยงานอาคารสถานที่และยานพาหนะ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัทเฟดเดอรัลเอ็กเพรส (ประเทศไทย) จำกัด (FedEx)

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2546 – ปัจจุบัน ช่างไฟฟ้า หน่วยงานอาคารสถานที่และยานพาหนะ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน พนักงานประจำสถานี บริษัทเฟดเดอรัลเอ็กเพรส (ประเทศไทย) จำกัด (FedEx)

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างไฟฟ้า) โรงเรียนเซนต์จอหน์

พ.ศ. 2542 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ช่างไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

พ.ศ. 2545 ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ (สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2251 ปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ