

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์
และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

ปริญญานิพนธ์
ของ
บุญญฤทธิ์ บุญโกล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2551

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโอค ทรานซิสเตอร์
และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

ปริญญานิพนธ์
ของ
บุญญฤทธิ์ บุญโกลม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2551
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโอค ทรานซิสเตอร์
และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

บทคัดย่อ
ของ
บุญญฤทธิ์ บุญโถม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2551

บุญญฤทธิ์ บุญโถม. (2550). การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดทราซิสเตอร์ และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์. ปรินซ์ตัน: กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะกรรมการควบคุม : ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดทราซิสเตอร์และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์การทำงานที่ได้ออกแบบและสร้าง ขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนวงจรจ่ายไฟ, ส่วนวงจรการประมวลผล, ส่วนวงจรการแสดงผล ทำการศึกษาประสิทธิภาพและทำการประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบ ไซโดทราซิสเตอร์และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ออกแบบสร้างขึ้นโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนทดลองใช้และประเมินผล ในแบบประเมินสมรรถนะที่ออกแบบขึ้น และทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยการวัดค่ากับ ไซโดทราซิสเตอร์ 5 ตัว และ เฟท 5 ตัว เพื่อทดสอบประสิทธิภาพด้าน การทดสอบ การทดสอบวัดหาชนิดของ ไซโดทราซิสเตอร์ การทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท การทดสอบวัดหาชนิดของ ไซโดทราซิสเตอร์ การทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท นำข้อมูลที่ได้ไปบันทึกในแบบประเมินการวิเคราะห์ข้อมูลจาก การประเมินและการวัดค่าทดสอบต่างๆ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบ นัยสำคัญอาศัยการแจกแจงของที

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องตรวจสอบไซโดทราซิสเตอร์และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกด้าน คือ การทดสอบวัดหาชนิดของ ไซโดทราซิสเตอร์ การ ทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท การ ทดสอบวัดหาชนิดของ ไซโดทราซิสเตอร์ การทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท และมีสมรรถนะด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม อยู่ ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ด้านการบำรุงรักษา อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ด้านการซ่อม บำรุงรักษาและซ่อมแซม อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 เมื่อพิจารณาในภาพรวมคุณลักษณะ ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไซโดทราซิสเตอร์และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIODE TRANSISTOR AND FET
TESTING DEVICE BY MICROCONTROLLER

AN ABSTRACT
BY
BOONYARIT BOONKOMOL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

May 2008

Boonyarit boonkomol. (2008). *Design and Construction of Diode Transistor and Fet*

Testing Device by Microcontroller. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education).

Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Pairust

Vongyuttakrai, Assist. Prof. Dr. Threraphon Thephasdin Na Ayuthaya.

The objectives of this research were to design and construction of diode transistor and fet testing device by microcontroller. The research design in to three parts, first is the power supply, second is the processor, and third is the display, studying efficiency the machine was measured from five specialists by using it and assessing it in the assessment from which were specially built. Assessing was measured to diode five, transistors five and fet five for testing the efficiency of diode leg test, transistors leg test, fet leg test, transistors type test and fet type test. Using the data assessed in the assessment. The Statistics used were arithmetic mean, standard deviation and t-test.

The result of this research have the good efficiency ever position of diode leg test, transistors leg test, fet leg test, transistors type test and fet type test and performance in physical performance is good level in the average of 4.23, usage performance is very good level in the average of 4.52, maintenance performance is good level in the average of 4.44. While we consider the performance as a whole it is in the good level in the every of 4.39.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์
และเฟท โดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

ของ
บุญญฤทธิ์ บุญโกลม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จิระเดชากุล)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

..... กรรมการ

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า แนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อความ และรูปแบบของปริญญานิพนธ์ อีกทั้งให้กำลังใจขณะดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงตลอดไป

ขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์

ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ อาจารย์ สัมภ์ อินตะไชยวงศ์ คุณ สุภรศักดิ์สิทธิ์ ลิ้มลีชา ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินแบบสอบถามเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ขอขอบพระคุณคุณ ณรงค์ มั่นสมั่นคง ฉัฐพงษ์ สัจจะนราภรณ์ สิทธิเดช ดารากุล นาย ไพศาล วิริยกุลไพศาล นายธานี สายแวว ที่กรุณาให้กาสนับสนุนเป็นผู้เชี่ยวชาญในการทดลองหาประสิทธิภาพและสมรรถนะ ของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณธานิน ไผ่ไทย ที่คอยให้คำแนะนำและให้กำลังใจด้วยดีตลอดเวลาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

บุญญฤทธิ์ บุญโกมล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
สมมุติฐานในการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ.....	8
ไดโอด (Diode).....	16
ทรานซิสเตอร์.....	24
ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า.....	35
ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	45
วงจรและหลักการทำงานของ เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	52
ประสิทธิภาพ และสมรรถนะ.....	56
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	60
ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลท.....	62
กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด	

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
ทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	69
กำหนดระยะเวลาในการสร้างเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	70
สร้างเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ตามที่ออกแบบ.....	70
ทดสอบการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	70
ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลทางด้านสมรรถนะการออกแบบและสร้าง เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	71
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์.....	74
หาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์.....	76
ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์.....	79
5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	84
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	84
การดำเนินการวิจัย.....	84
สรุปผลการวิจัย.....	86
อภิปรายผลการวิจัย.....	87
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	89
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	
บรรณานุกรม.....	90
ภาคผนวก.....	93
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	127

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์.....	76
2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ เฟท.....	76
3 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ ไดโอด.....	77
4 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์.....	77
5 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ เฟท.....	77
6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	78
7 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	79
8 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของเครื่อง ตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	80
9 แสดงผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	81
10 แสดงผลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในการปรับปรุงชุด อุปกรณ์เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	82

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างของอะตอมซิลิกอน.....	9
2 โครงสร้างผลึกของซิลิกอน.....	9
3 โครงสร้างของผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์.....	10
4 โครงสร้างโซล.....	11
5 เซมิคอนดักเตอร์ชนิด เอ็น.....	12
6 เซมิคอนดักเตอร์ชนิด พี.....	13
7 ภาพรอยต่อ พี-เอ็น.....	14
8 การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำกับโลหะ.....	15
9 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส.....	17
10 ไดโอดชนิดหัวต่อ พี-เอ็น.....	17
11 ลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอด.....	18
12 แสดงค่าความต้านทานในไดโอดทางไฟตรง.....	18
13 แสดงการหาความต้านทานทางไฟสลับ.....	19
14 ลักษณะสมบัติของทันเนลไดโอด.....	19
15 สัญลักษณ์ของทันเนลไดโอด.....	20
16 ไดโอดเปล่งแสง.....	20
17 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง.....	21
18 ซีเนอร์ไดโอด.....	21
19 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติ ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดจริง...	21
20 วงจรไฟโอดีไดโอดและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสกับความเข้มของแสง.....	22
21 ภาพการวัดหาขาไดโอด.....	23
22 ทรานซิสเตอร์.....	24
23 ประเภทของทรานซิสเตอร์.....	24
24 ภาพการทำงานของทรานซิสเตอร์.....	25
25 โครงสร้างและการทำงานของทรานซิสเตอร์.....	26

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
26	ทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับการไบอัส..... 26
27	การทำงานที่บริเวณกัตออป..... 27
28	การทำงานที่บริเวณอิมตัว..... 28
29	การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในบริเวณอิมตัว..... 28
30	บริเวณรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส..... 29
31	การทำงานที่บริเวณแอกตีฟ..... 29
32	วงจรอิมิตเตอร์ร่วม..... 32
33	วงจรคอลเลกเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์..... 32
34	วงจรเบสร่วม..... 33
35	การตรวจสอบทรานซิสเตอร์..... 34
36	โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแซนแนล เอ็น..... 36
37	โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแซนแนล พี..... 37
38	สัญลักษณ์ของคิมอสเฟตแบบแซนแนล เอ็น และ พี..... 37
39	โครงสร้างเบื้องต้นของคิมอสเฟตแบบแซนแนล เอ็น..... 38
40	การทำงานและคุณลักษณะเบื้องต้น..... 39
41	วงจร และกราฟคุณลักษณะ..... 40
42	โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแซนแนลพี..... 42
43	สัญลักษณ์ของคิมอสเฟตแบบแซนแนล พี และแซนแนล เอ็น..... 43
44	การตรวจสอบหาลา และชนิดของ เฟต..... 44
45	ลักษณะโครงสร้างภายในของตัว microcontroller PIC16C74A..... 46
46	การจัดการกับหน่วยความจำส่วนโปรแกรม..... 47
47	การจัดการกับข้อมูลในหน่วยความจำ..... 48
48	การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายใน..... 49
49	พอร์ตอินพุต / เอาท์พุต..... 50
50	วงจรจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ 53

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
51 วงจรการตรวจสอบการทำงานของทรานซิสเตอร์.....	54
52 วงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟท.....	54
53 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล.....	55
54 วงจรแสดงผลด้วยจอ แอล ซี ดี.....	56
55 ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	61
56 วงจรจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ สำหรับเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	63
57 แสดงรูปวงจรการตรวจสอบการทำงานของทรานซิสเตอร์.....	64
58 แสดงรูปวงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟท.....	66
59 ชุดวงจรการแสดงผล.....	67
60 ชุดวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	68
61 เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	74
62 ระบบจ่ายไฟ.....	75
63 ระบบประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ.....	75
64 ระบบแสดงผล.....	76
65 แสดงการเจาะกล่องพลาสติกสำหรับติดตั้งอุปกรณ์.....	122
66 แสดงการตัดกล่องพลาสติกเพื่อใส่อุปกรณ์.....	122
67 แสดงการตะไบเพื่อเก็บรายละเอียด	123
68 แสดงการบัดกรีอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรทดสอบ.....	123
69 แสดงการทดสอบวงจรเพื่อทดสอบก่อนใช้งานจริง.....	124
70 แสดงวงจรทดสอบที่ทดลองปรับแต่งแล้ว.....	124
71 ภาพประกอบที่ 74 แสดงการบัดกรีเพื่อต่ออุปกรณ์เพื่อใช้งานจริง.....	125
72 แสดงการปรับแต่ง และทดสอบเครื่องเพื่อความถูกต้อง.....	125
73 แสดงรูปอุปกรณ์ที่ปรับแต่งสมบูรณ์แล้ว.....	126
74 แสดงผู้เชี่ยวชาญทดสอบเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท.....	126

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สิ่งมีชีวิตทั้งหลายต้องการแสงสว่าง และพลังงานความร้อน ซึ่งในธรรมชาติแหล่งพลังงานที่สำคัญคือดวงอาทิตย์ แต่พลังงานจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอความต้องการในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ (โสภณ เสือพันธ์, 2540: 80) มนุษย์จึงได้พยายามคิดค้น พัฒนา และได้พยายามนำทรัพยากรธรรมชาติมาผลิตเป็น พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถมีพลังงานไว้ใช้ได้ตลอดเวลา และพลังงานไฟฟ้าจึงมีความสำคัญต่อการผลิต และการดำเนินชีวิตของมนุษย์มากขึ้นทุกขณะ โดยมนุษย์ได้นำพลังงานไฟฟ้ามาใช้งานในด้าน อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม เกษตรกรรม การสื่อสารโทรคมนาคม และด้านการแพทย์ (ชัยยุทธ์ ชวลิตนิธิกุล, 2532 : 160-161)

พลังงานไฟฟ้าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี หลังจากนั้นมนุษย์จึงเริ่มคิดค้น และประดิษฐ์อุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆขึ้นมา จนกระทั่งเกิดการค้นพบสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าหลอดสุญญากาศ ซึ่งค้นพบโดยโธมัส เอดิสัน (Thomas Edison) หลังจากที่มีการค้นพบหลอดสุญญากาศแล้ว การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เกิดอุปกรณ์ที่เรียกว่า วิทยุ โทรทัศน์ มนุษย์มีความสะดวกสบายมากขึ้นสามารถติดต่อสื่อสารได้ง่ายและสะดวกขึ้น (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์, 2538 : 9) การพัฒนาเทคโนโลยียังคงมีการพัฒนาที่ต่อเนื่อง จนกระทั่งเกิดความเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการค้นพบอุปกรณ์ชนิดใหม่ สามารถนำมาใช้แทนหลอดสุญญากาศได้เป็นอย่างดี สิ่งประดิษฐ์ชนิดนี้เรียกว่า สารกึ่งตัวนำ หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำก็คือ การกำเนิดกระแสอิเล็กตรอน และโฮลไหลผ่านไปในผลึกของแข็งของสารกึ่งตัวนำ โดยถูกค้นพบในปี1925 ที่ห้องวิจัย เบล แล็บ (Bell Lab Technology) ซึ่งที่นี่ประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์จากทั่วโลก ในแขนงต่างๆ เพื่อทำงานวิจัยด้านต่างๆ เช่น อิเล็กทรอนิกส์ เคมี ฟิสิกส์ และเทคโนโลยี ด้านการสื่อสารและงานวิจัยด้านอื่น ๆ การเริ่มค้นพบนั้นได้เกิดขึ้นก่อนจากการค้นพบของ บรัน(Brun) ซึ่งได้ค้นพบคุณสมบัติที่แปลกประหลาดของ คริสตัล ซึ่งสารนี้ต่อมาได้ถูกเรียกว่าเป็น เซมิคอนดักเตอร์ โดยเขาได้ประหลาดใจกับคุณสมบัติของการนำไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างฉนวน และ ตัวนำ ต่อมาในปีในปี 1930 กลุ่มนักวิจัยของ (Bell lab) ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่องการส่งคลื่น (ultrahigh frequency) สำหรับการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์และต้องการที่จะหาวิธีตรวจจับสัญญาณที่มีความถูกต้องแน่นอน ในตอนนั้นได้มีการใช้ (Electron tube) แต่ก็ได้พบว่าการใช้ (Electron tube) ไม่สามารถตอบสนอง ต่อคลื่นที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ จึงได้มีการมองหาวิธีการใหม่ๆในการตรวจจับคลื่น และพวกเขาได้ทำการปฏิวัติกฎเกณฑ์เก่า โดยได้ใช้ตัวตรวจจับที่เรียก

กันว่าหลอดแมว โดยเป็นการฝัง ลงบนฐานที่เป็น คริสตัล วิธีการนี้ไม่เพียงแต่ทำให้ความพยายาม ในการหาอุปกรณ์ตรวจจับคลื่นได้ แต่ยังเป็นทางที่นำไปสู่การค้นพบ สารกึ่งตัวนำตัวใหม่นั้นคือ ซิลิคอน ในปี 1945 หัวหน้าของ ห้องวิจัย (Bell Lab) คือ Mervin Kelly ต้องการที่จะให้ทีมนักวิทยาศาสตร์ ด้าน สารกึ่งตัวนำของเขาทำการค้นหาอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณตัวใหม่ที่แทนที่หลอดสุญญากาศ ที่มี การใช้งานกัน ในสมัยนั้น ดังนั้นทีมนักวิจัยของ Bell Lab จึงต้องทำการค้นคว้าหาอุปกรณ์ตัวใหม่นี้ ได้ เห็นหลอดสุญญากาศของ (John Ambrose Fleming) ซึ่งมีขั้วไฟฟ้าออกมา 3 ขั้ว เขาจึงได้ทำการเลี้ยว โดยทำการเลียนแบบหลอดสุญญากาศ โดยนำขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว ฝังลงบนสารกึ่งตัวนำ คือ ซิลิคอน และเขา พบว่าสามารถที่จะควบคุมการไหลของกระแสที่ไหลผ่าน ซิลิคอนได้ และสามารถที่จะขยายสัญญาณได้ เช่นเดียวกับหลอดสุญญากาศ แต่มีข้อดีกว่าที่ใช้พลังงานที่น้อยกว่าหลังจากนั้นมาซิลิคอน จึงเป็นสารกึ่ง ตัวนำที่มีบทบาทสำคัญสำหรับวงการ อิเล็กทรอนิกส์) การค้นพบสารกึ่งตัวนำนั้นส่งผลให้เกิดการ ประดิษฐ์ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำขึ้นขึ้นมาใช้งาน ไดโอด และทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์ ได้ถูก ผลิตขึ้นมาใช้งานในการขยายสัญญาณแทนที่หลอดสุญญากาศ ต่อมาห้องทดลองเบลล์สามารถผลิต ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า แบบโลหะออกไซด์ หรือ เฟท เป็นผลสำเร็จครั้งแรก หลังจากนั้นก็ได้มีการ ปรับปรุงวิธีการผลิต ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า หรือ เฟท จนมีความสมบูรณ์สามารถใช้งานได้ดี และ ปัจจุบันนี้ ทรานซิสเตอร์ สนามไฟฟ้า หรือ เฟท มีความสำคัญและมีความนิยมในการใช้งานเทียบเท่ากับ ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์ (มงคล เชนครินทร์. 2532 : 12-13) ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่มีความสำคัญในการพัฒนาวงการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การ นำอุปกรณ์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท มาประยุกต์ใช้งานจึงจำเป็นที่จะต้องทราบถึง คุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ และเมื่อต้องการทราบคุณสมบัติดังกล่าวก็จำเป็นต้องใช้วิธีการวัดค่าโดยใช้มัลติ มิเตอร์ หรือเปิดหาข้อมูลของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทจาก คาด้านบุค (Data Book) ซึ่งเป็นคู่มือ อ้างอิงในการค้นหาคุณลักษณะของอุปกรณ์ เช่นชนิด ขา และอัตราขยาย ซึ่งส่งผลให้การตรวจสอบ นั้นกระทำได้อย่างล่าช้า

การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องมือวัด ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้มีการพัฒนาอย่าง รวดเร็ว ซึ่งเป็นผลให้เกิดการปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมี ขนาดเล็กกะทัดรัด โดยมีการนำไมโครโพรเซสเซอร์(Microprocessor) ซึ่งเป็นการย่อส่วนคอมพิวเตอร์ แบบดิจิทัลลงมาให้บรรจุอยู่ในรูปแบบไอซีเพียงตัวเดียวทำให้สามารถนำวิธีการของระบบ คอมพิวเตอร์ มาใช้ในกระบวนการควบคุมอัตโนมัติที่ต้องการได้ ประโยชน์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของไมโครโพรเซสเซอร์คือใช้ในงานระบบควบคุม แต่ระบบควบคุมที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ จำเป็นต้องใช้ วงจรอื่นๆ เป็นส่วนประกอบอีกหลายวงจร เช่น วงจรนับและจับเวลา (Counter & Timmer) วงจรจัดการ อินเทอร์รัปต์ (Interrupt Handler Circuit) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น หากต้องใช้ ไอซีชิปแยกต่างหากเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ เหล่านี้ ก็จะทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงเกิดแนวคิดที่จะสร้าง

ไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดพิเศษขึ้น สำหรับใช้กับงานระบบควบคุมโดยเฉพาะ โดยการออกแบบให้มีวงจรประกอบต่างๆที่จำเป็นสำหรับงานระบบควบคุมรวมไว้บนชิปเดียวกันและเรียกชื่อว่า

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) (ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานันท์. 2542 : 202,208) ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลให้เกิดการปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีขนาดเล็กลงอีกด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีส่วนในการพัฒนาเครื่องมือวัดให้มีการประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดที่แม่นยำ ในการที่จะนำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด เฟท ไปใช้งานจำเป็นต้องทราบข้อมูล คุณลักษณะ ชนิด และขาของอุปกรณ์ตัวนั้นก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการสามารถค้นหาได้จาก คาทาบูค (Data Book) ซึ่งจะได้มาจากบริษัทผู้ผลิต ทำให้ไม่ก่ออัยสะดวกในการค้นหาข้อมูล และเสียเวลาในการสืบค้น

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการหาขา และชนิดของ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยเครื่องจะแสดงผลของข้อมูลที่ตรวจสอบได้ออกมาเป็นตัวเลข และตัวอักษรออกทางจอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display) ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน สามารถนำผลการวัดที่ได้ ไปประยุกต์ใช้งานได้เลย โดยไม่ต้องใช้ มัลติมิเตอร์ หรือวิธีการเปิด คาทาบูค จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับ อิเล็กทรอนิกส์ โดยข้อมูลที่ได้รับความนิยมถูกต้องและแม่นยำ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก คาทาบูค ได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำการประมวลผลแล้วแสดงผลออกทางจอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลการตรวจสอบแล้วแสดงผลออกทางจอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display)
3. เพื่อประเมินสมรรถนะของ เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผลการตรวจสอบแล้วแสดงผลออกทางจอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display)

ความสำคัญของการวิจัย

ได้เครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบหาหาของไคโอด ทรานซิสเตอร์ เฟท และชนิด ของ ทรานซิสเตอร์ เฟท ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วก่อนนำไปใช้งาน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งที่จะออกแบบ และสร้างชุด เครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือวัดจะแสดงผลของการวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยแสดงผลผ่านจอ แอลซีดี
2. เครื่องมือวัดสามารถตรวจสอบอุปกรณ์ได้ดังนี้
 - 2.1 ไคโอด
 - 2.2 ทรานซิสเตอร์
 - 2.3 เฟท
3. เครื่องมือวัดจะแสดงผลการวัดต่างๆดังนี้
 - 3.1 ชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท แสดงผลผ่านจอ แอลซีดี
 - 3.2 ขาของ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท แสดงผลผ่านจอ แอลซีดี
4. ออกแบบวงจรเครื่องตรวจสอบไคโอดทรานซิสเตอร์และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยวงจร และขั้นตอนดังนี้
 - 4.1. วงจรจ่ายแรงดัน ดีซี 5 โวลต์ โดยแปลงจากแรงดัน เอซี 220 โวลต์(+/- 10%)
 - 4.2. วงจรถอดรหัสเพื่อแสดงผลที่หน้าจอ แอลซีดี
 - 4.3. วงจรประมวลผลโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC 16F876
 - 4.4. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ
 - 4.5. วงจร มัลติเพล็กซ์, ดีมัลติเพล็กซ์
 - 4.6. การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. มีคู่มือการใช้งานแสดงรายละเอียดการใช้งาน การบำรุงรักษาและความปลอดภัยในการใช้งาน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 ประกอบด้วย

- 1.1 แสดงผล ชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผ่านจอ แอล ซี ดี ได้ถูกต้อง
- 1.2 แสดงตำแหน่งขา ของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผ่านจอ แอล ซี ดี ได้ถูกต้อง
2. สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ทั้ง 3 ด้านดังนี้
 - 2.1. สมรรถนะทางด้านกายภาพ
 - 2.2. สมรรถนะทางการใช้งาน
 - 2.3. สมรรถนะทางด้านบำรุงรักษาและซ่อมแซม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่รวบรวมเอาหน่วยประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิกรวมถึงวงจรสัญญาณนาฬิกา โดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการควบคุมต่างๆ แทนการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2. ไดโอด (Diode) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อสารที่ใช้ เช่น เป็นชนิดเยอรมันเนียม หรือเป็นชนิดซิลิกอน นอกจากนี้ยังแบ่งตามลักษณะตามกรรมวิธีที่ผลิต

3. ทรานซิสเตอร์ (Transistor) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำเป็นซึ่งมีรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ pn จำนวน 2 ตำแหน่ง จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพลาร์ (Bipolar Junction Transistor)

4. เฟท (Field-Effect Transistor ; FET) หมายถึง ทรานซิสเตอร์ที่ใช้สนามไฟฟ้าในการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารกึ่งตัวนำเพื่อให้เกิดการนำกระแสเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยทั่วไปมักเรียกชื่อย่อว่า "เฟท" (Field-Effect Transistor ; FET)

5. การออกแบบเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท หมายถึง การกำหนดลักษณะวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีความสัมพันธ์กับการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถใช้ในการตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ได้

6. การสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท หมายถึง การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และวงจรไฟฟ้าเข้าด้วยกันบนแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยให้มีความสัมพันธ์กันตามแบบที่กำหนดไว้

7. จอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display) หมายถึง จอที่แสดงผลของการตรวจสอบซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งตัวเลข และตัวอักษรเป็นจอที่มีผลึกเหลวบรรจุอยู่โดยมีแผ่นกระจกวางประกบอยู่

8. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท หมายถึง ผลของการประเมิน ผ่านเกณฑ์ในการประเมินที่กำหนดไว้ในด้านต่างๆดังนี้

8.1 แสดงผล ชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผ่านจอ แอล ซี ดี ได้ถูกต้อง หมายถึง การตรวจวัดชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท ว่าเป็นชนิด เอ็น พี เอ็น (NPN) หรือชนิด (PNP) เกณฑ์ประเมินผ่าน คือค่าแสดงผลที่วัดได้มีค่า ตรงตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต

8.2 แสดงตำแหน่งขา ของไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผ่านจอ แอล ซี ดี ได้ถูกต้อง หมายถึง การตรวจวัดตำแหน่งขาของ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผ่านจอ แอล ซี ดี เกณฑ์ประเมินผ่าน คือค่าแสดงผลที่วัดได้มีค่า ตรงตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต

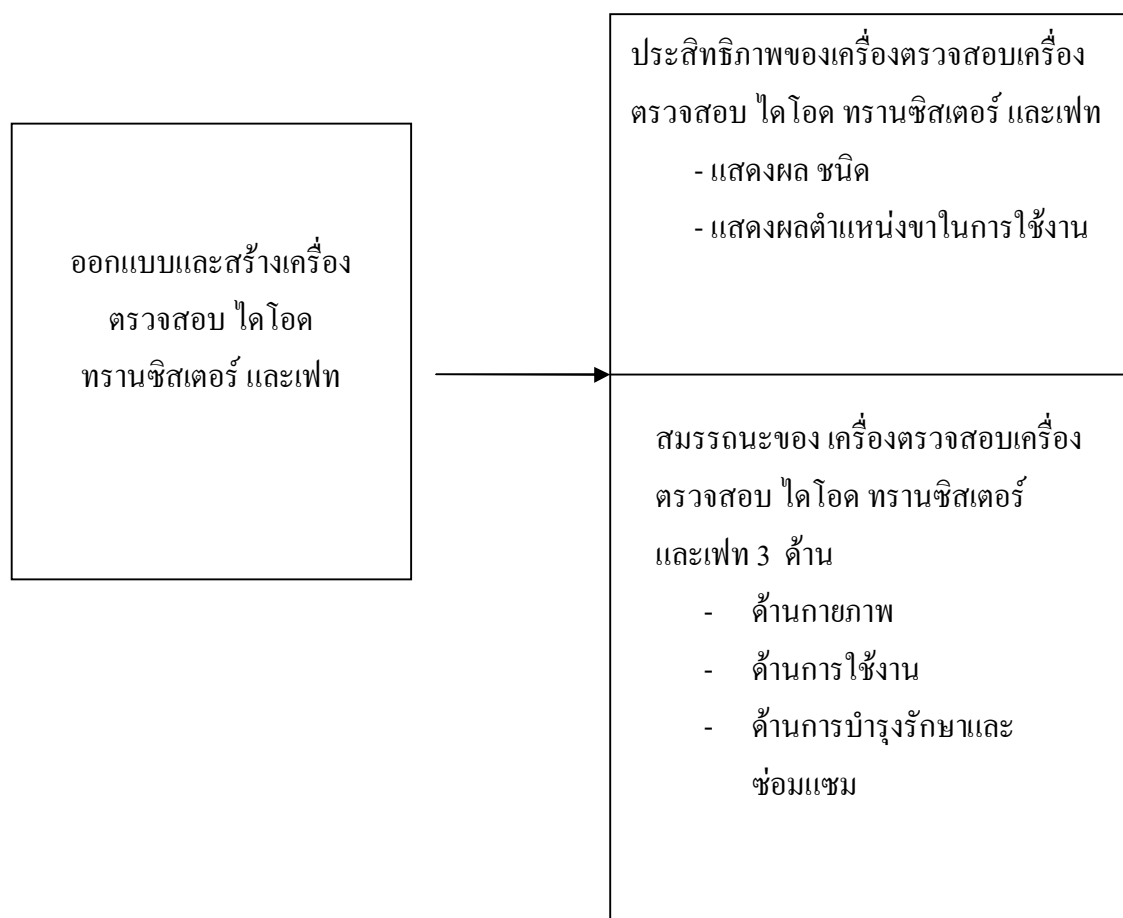
9. สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท สามารถแบ่งกลุ่มสมรรถนะได้ 3 ด้านดังนี้

9.1 สมรรถนะทางด้านกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องตรวจสอบเครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท มีขนาดเหมาะสม กะทัดรัด สวยงาม เหมาะแก่การใช้งาน และปลอดภัย

9.2 สมรรถนะด้านการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถนำเครื่องตรวจสอบ ไคโอด ทรานซิสเตอร์และเฟท ไปใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว เคลื่อนย้ายได้ง่าย

9.3 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม หมายถึง อุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีจุดตรวจและซ่อมบำรุงน้อย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

1. เครื่องตรวจสอบ ไซโตไดโค ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ แสดงผลการวัดได้ถูกต้อง
2. เครื่องตรวจสอบ ไซโตไดโค ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมี สมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

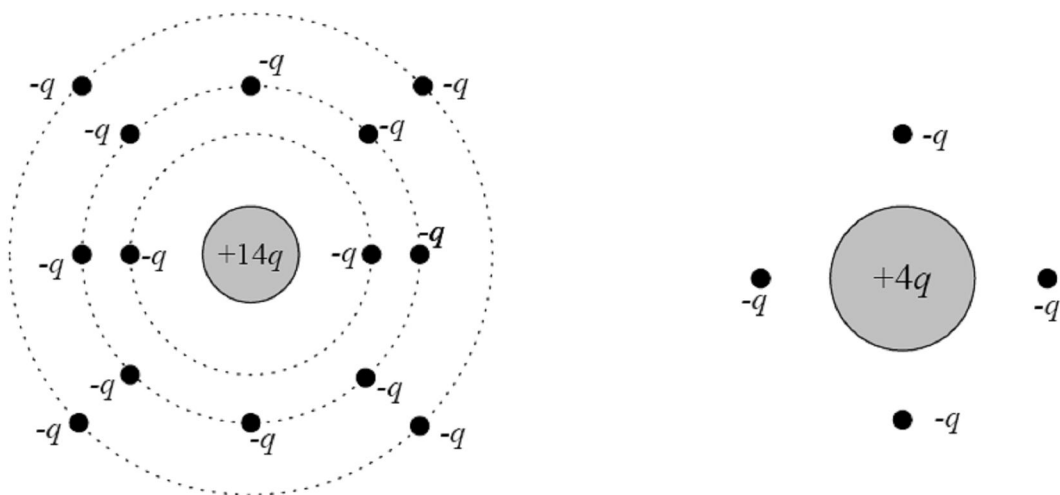
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางสำหรับการออกแบบ และสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 ทำการประมวลผลผ่านทางจอ แอล ซี ดี (LCD : Liquid Crystal Display) มีดังต่อไปนี้

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ
2. ไดโอด
3. ทรานซิสเตอร์
4. เฟท
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์
6. วงจรและหลักการทำงานของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
7. ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

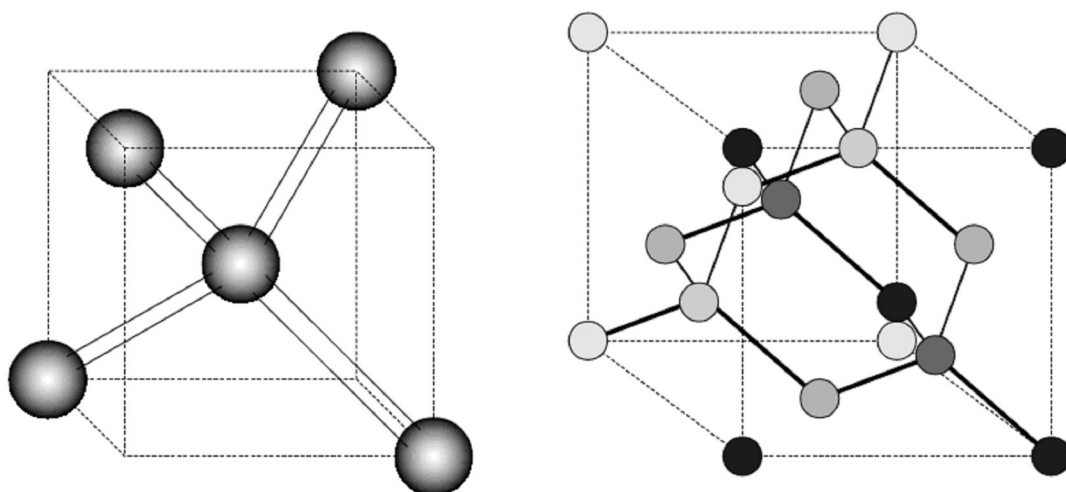
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำเป็นธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งในธาตุทุกๆชนิดประกอบไปด้วยอะตอม โดยภายในอะตอมของธาตุเหล่านี้จะประกอบไปด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โปรตอนกับนิวตรอนจะอยู่ภายในนิวเคลียสซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของอะตอมโดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบนอก(ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2548 : 90) สารกึ่งตัวนำสารที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวนเราเรียกว่า สารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน และเยอรมันเนียม สารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอนและเยอรมันเนียมนี้ ที่อุณหภูมิต่ำแรงจับตัวกันระหว่างนิวเคลียส และอิเล็กตรอนค่อนข้างจะเหนียวแน่นจึงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ ดังนั้นถึงแม้ว่าจะมีแรงดันไฟฟ้าจากภายนอกมากกระทำก็ไม่มีการแสไฟฟ้าไหลจึงทำหน้าที่เช่นเดียวกับฉนวน แต่แรงจับตัวกันดังกล่าวไม่เหนียวแน่นเท่าฉนวน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น วัลเลนซ์อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งจะหลุดออกจากอะตอมเป็นอิเล็กตรอนอิสระ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่และเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น อิเล็กตรอนอิสระ ดังกล่าวมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับในตัวนำกระแสไฟฟ้าที่ไหลจึงน้อย (โกศลพีรสุวรรณ. 2532 :6)

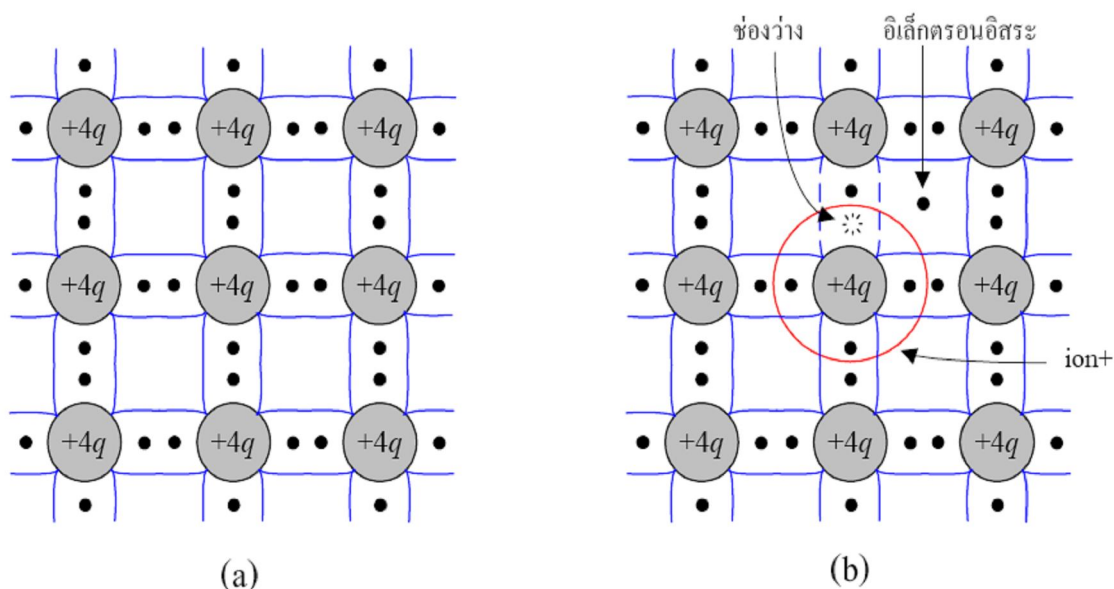
1.1 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic Semiconductor)



ภาพประกอบ1 โครงสร้างของอะตอมซิลิกอน ($q = 1.6 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์)
ที่มา: โกศล เพ็ชรสุวรรณ. (2532) เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ. หน้า 6.



ภาพประกอบ2 โครงสร้างผลึกของซิลิกอน
ที่มา: โกศล เพ็ชรสุวรรณ. (2532) เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ. หน้า 10.



(a)

(b)

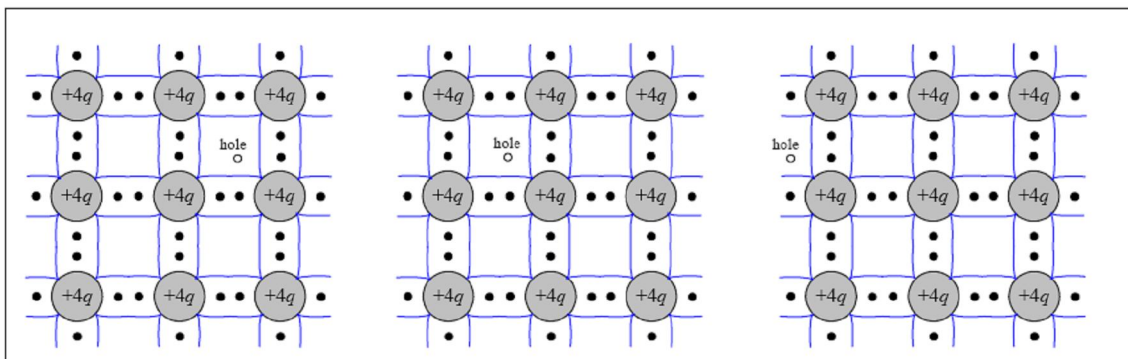
ภาพประกอบ 3 โครงสร้างของผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์

ที่มา: โกศล เพ็ชรสุวรรณ. (2532) เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ. หน้า 11.

เมื่อไม่ได้รับพลังงานจากภายนอกเลย เมื่อได้รับพลังงานจากภายนอกและเกิดการอ็อกไนซ์ การเคลื่อนที่ของ free electron ไปในทิศทางเดียวกันทำให้เกิดการไหลของกระแส ดังนั้นความนำ (และความต้านทาน) ไฟฟ้า ของสารใด ๆ จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (concentration) ของ free electron ในสารนั้น ที่อุณหภูมิห้อง ($\sim 300\text{K}$) โลหะมีความหนาแน่นของ free electron $\sim 10^{23}$ ตัว/cm³. ทำให้มีสภาพความต้านทาน (resistivity) ของโลหะจะอยู่ราว ๆ 10^{-5} cm. ฉนวนเช่น Quartz (SiO_2) ในอุณหภูมิห้องนั้นแทบจะไม่มี free electron อยู่เลย ทำให้ $\square$ resistivity ของ ควอร์ทซ์ $> 10^{16}$ cm. ความหนาแน่นของ free electron ในสารกึ่งตัวนำ เช่น Si นั้นมีค่า $\sim 1.5 \times 10^{10}$ cm⁻³ (ที่อุณหภูมิห้องจะมีอะตอมของซิลิกอนถูก ionize อยู่ 3 ต่อ 10¹³ อะตอมเท่านั้น!) ทำให้สภาพความต้านทานของซิลิกอนผลึกมีค่าประมาณ 2×10^5 cm. เราสามารถแบ่งการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำได้เป็นสองลักษณะดังนี้ (โกศล เพ็ชรสุวรรณ. 2532:11)

1.1.1 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปรอบ ๆ ผลึก --> การเคลื่อนที่ของประจุลบในทิศทางนั้น

1.1.2. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนข้ามพันธะ --> การเคลื่อนที่ของประจุบวกในทิศทางตรงกันข้าม



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างโฮล

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 64.

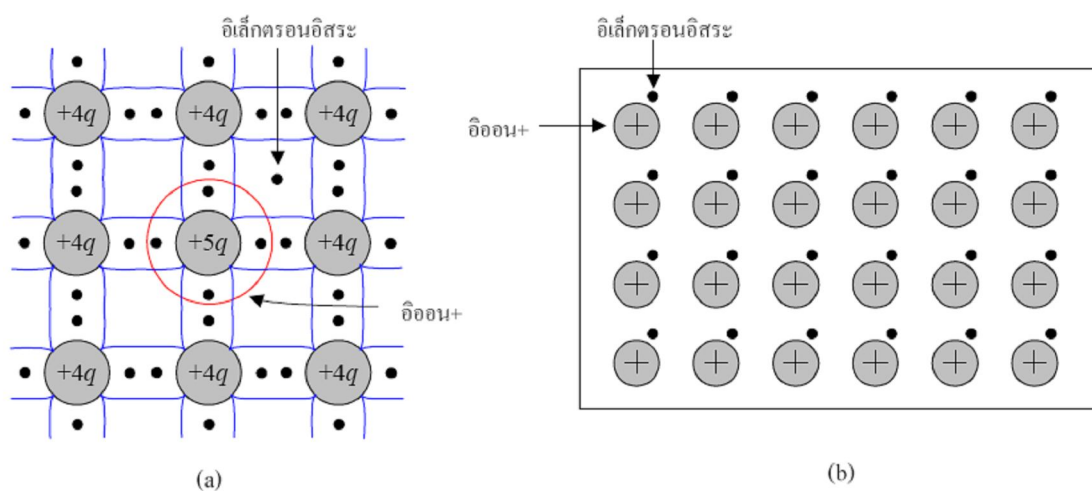
เพื่อความสะดวกเรามองการเคลื่อนที่ของประจุบวกดังกล่าวให้เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคอิสระที่มีประจุเป็นบวก ผ่านโครงสร้างผลึกที่สมบูรณ์โดยเราจะเรียกอนุภาคดังกล่าวนี้ว่า hole ดังนั้นเราจะนิยามโฮลว่าคืออนุภาคอิสระที่มีประจุเท่ากับ $+q$ และเป็นเสมือนคู่ของอิเล็กตรอนอิสระ คู่ประจุอิสระโฮล-อิเล็กตรอนอิสระนี้จะถูกสร้างขึ้นพร้อมกันจากการอ็อกไนซ์ทางความร้อน (thermal ionization) เราเรียกอนุภาคอิสระอย่าง free electron และ hole ว่าพาหะ (carrier) เนื่องจากอนุภาคอิสระทั้งสองตัวนี้เปรียบเสมือนพาหะที่นำพาประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปมาได้ในบางครั้ง free electron และ hole อาจจะเคลื่อนที่มาเจอกันทำให้ทั้งคู่หายไปเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าขบวนการรวมตัว (recombination) ในสภาวะ thermal equilibrium อัตราการเกิดและการรวมตัวของคู่ free electron และ hole จะเท่ากันพอดี ถ้าให้ n คือ free electron concentration และ p คือ hole concentration ใน สมดุลทางความร้อน $n = p = ni$ โดย ni คือ intrinsic carrier concentration ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของสาร ในกรณีของผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์ที่อยู่ในอุณหภูมิห้อง $ni = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ (ยืน ภู่วรรณ. 2538:64)

1.2 กระแสในสารกึ่งตัวนำ

กระแสเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุ ดังนั้นกระแสในผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์อาจเกิดได้ทั้งจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคอิสระทั้งสองชนิดคือ free electron หรือ hole เนื่องจาก electron เป็นอนุภาคที่มีประจุเป็นลบ การเคลื่อนที่ของ electron จะทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางตรงกันข้าม hole เป็นอนุภาคสมมุติที่มีประจุเป็นบวก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของโฮลจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสการเคลื่อนที่ของพาหะในผลึกซิลิกอนสามารถเกิดขึ้นได้สองวิธีคือเกิดจากการแพร่ (diffusion) และเกิดจากการลอยเลื่อน (drift) การแพร่คือการที่สสารเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำ กระแสแพร่ (diffusion current) จะสามารถเกิดขึ้นได้ถ้าความหนาแน่นของอนุภาค

อิสระมีไม่เท่ากันตลอดทั่วทั้งชิ้นผลึก การแพร่จะหยุดลงเมื่อความหนาแน่นของอนุภาคอิสระมีเท่ากับตลอดทั้งชิ้นผลึก การลอยเลื่อน (drift) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการป้อน electric field ผ่านชิ้นผลึก ส่งผลให้ free electron และ hole มีการเคลื่อนที่ไปตามสนามไฟฟ้าทำให้เกิดการไหลของกระแส (เช่นเดียวกับการไหลของกระแสเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน) เราเรียกกระแสที่เกิดจากการ drift นี้ว่า กระแสลอยเลื่อน (ชิน ภู่วรรณ. 2538:65)

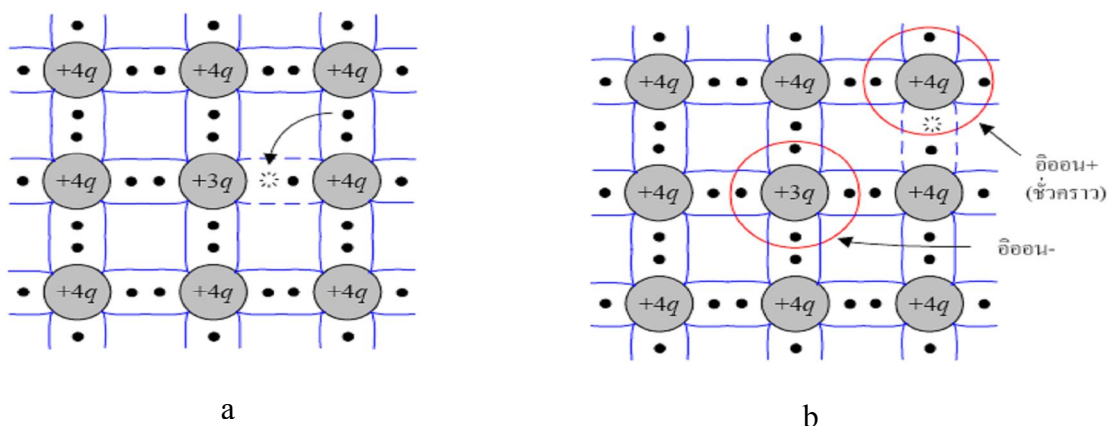
1.3 สารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์ (doped/extrinsic semiconductor)

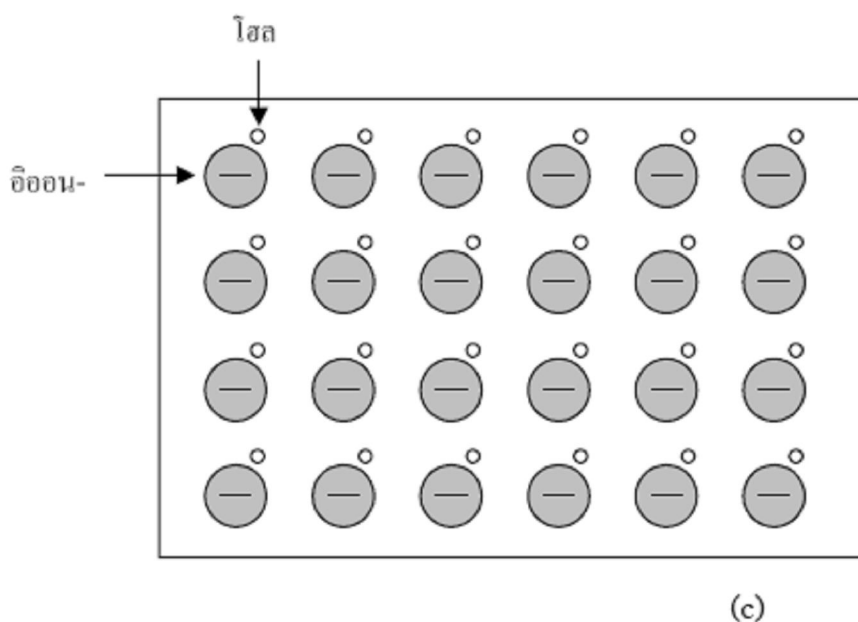


ภาพประกอบ 5 เซมิคอนดักเตอร์ชนิด เอ็น

ที่มา: ชิน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 65.

ผลึกของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ถูกแพร่ด้วยสารเจือ หมู่ V ทำให้เกิด free electron ดังนั้นถ้าไม่นับ free electron ที่เกิดจาก thermal ionization แล้ว จำนวน free electron ภายในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะเท่ากับ จำนวนอะตอมของสารเจือที่แพร่ลงไปเราเรียก free electron ในสารกึ่งตัวนำชนิด N นี้ว่าพาหะส่วนใหญ่ (majority carrier) และอะตอมของสารเจือหมู่ V ว่าอะตอมผู้ให้ (donor atom)



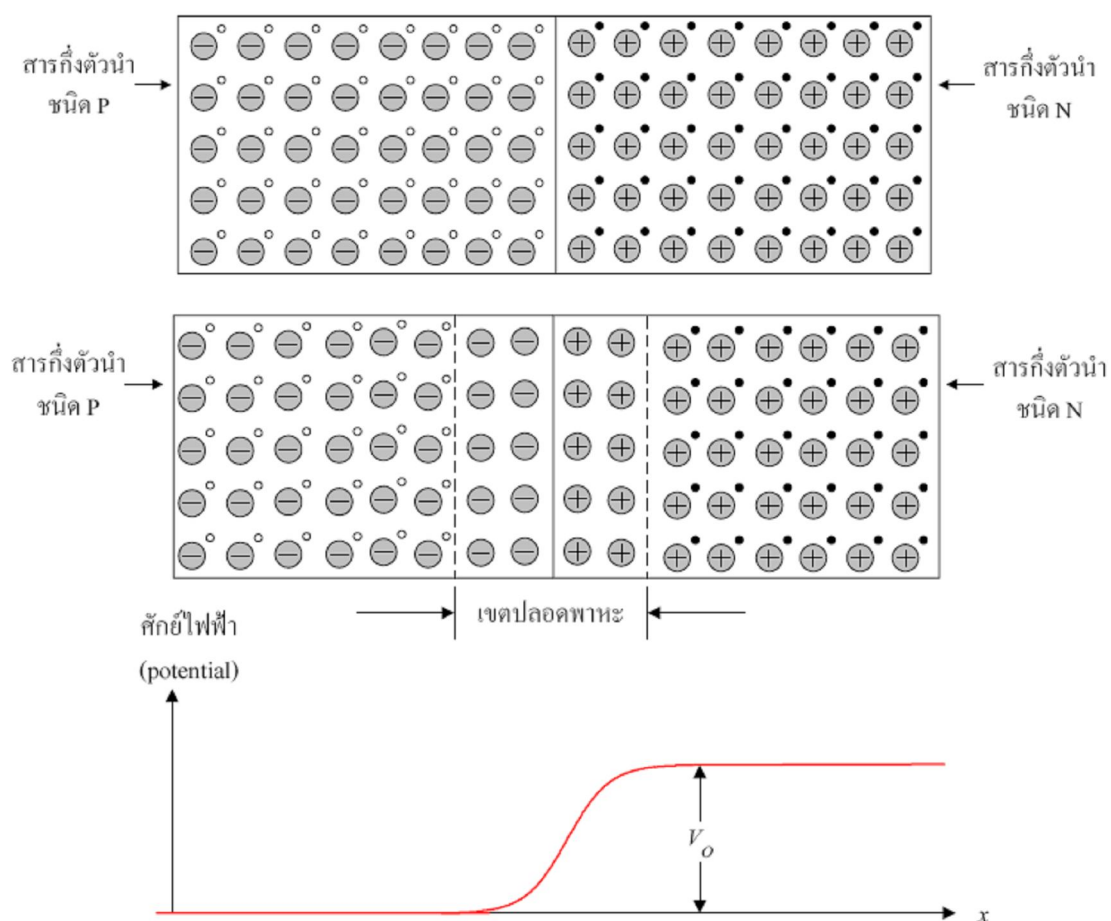


ภาพประกอบ 6 เซมิคอนดักเตอร์ชนิด พี

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 66.

ถ้าไม่นับ hole ที่เกิดจาก thermal ionization จำนวน hole ภายในสารกึ่งตัวนำชนิด P จะเท่ากับ จำนวนอะตอมของสารเจือที่แพร่ลงไป hole คือ majority carrier ของ P-type semi เราเรียกอะตอมของ สารเจือหมู่ III ว่าอะตอมผู้รับ (acceptor atom) ประจุรวม (net charge) ของทั้งสารกึ่งตัวนำชนิด P และ ชนิด N มีค่าเท่ากับศูนย์ ใน P-type semi ประจุของ hole จะถูกหักล้างด้วยประจุของ ion- ของ donor atom ใน N-type semi ประจุของ free electron จะถูกหักล้างด้วยประจุของ ion+ ของ acceptor atom เรา เรียก ion+ และ ion- ของอะตอมสารเจือในสารกึ่งตัวนำว่าประจุไฟฟ้าสถิต (bound charge หรือ fixed charge) ผลึกของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ถูกแพร่ด้วยสารเจือหมู่ V ทำให้เกิด free electron ดังนั้นถ้าไม่นับ free electron ที่เกิดจาก thermal ionization แล้ว จำนวน free electron ภายในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะ เท่ากับ จำนวนอะตอมของสารเจือที่แพร่ลงไป เราเรียก free electron ในสารกึ่งตัวนำชนิด N นี้ว่าพาหะ ส่วนใหญ่ (majority carrier) และอะตอมของสารเจือหมู่ V ว่าอะตอมผู้ให้ (donor atom)

กระแสเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุ ดังนั้นกระแสในผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์อาจเกิดได้ทั้งจากการ เคลื่อนที่ของอนุภาคอิสระทั้งสองชนิดคือ free electron หรือ hole เนื่องจาก electron เป็นอนุภาคที่มี ประจุเป็นลบ การเคลื่อนที่ของ electron จะทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางตรงกันข้าม hole เป็นอนุภาค สมมุติที่มีประจุเป็นบวก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของโฮลจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสการ เคลื่อนที่ของพาหะในผลึกซิลิกอนประจุเป็นลบ การเคลื่อนที่ของ electron จะทำให้เกิดกระแสไหลใน ทิศทางตรงกันข้าม hole เป็นอนุภาคของอะตอมสารเจือในสารกึ่งตัวนำว่าประจุไฟฟ้าสถิตกระแสเกิด จากการเคลื่อนที่ของประจุ ดังนั้นกระแสในผลึกซิลิกอนบริสุทธิ์



ภาพประกอบ 7 ภาพรอยต่อ พี-เอ็น (P-N Junction)

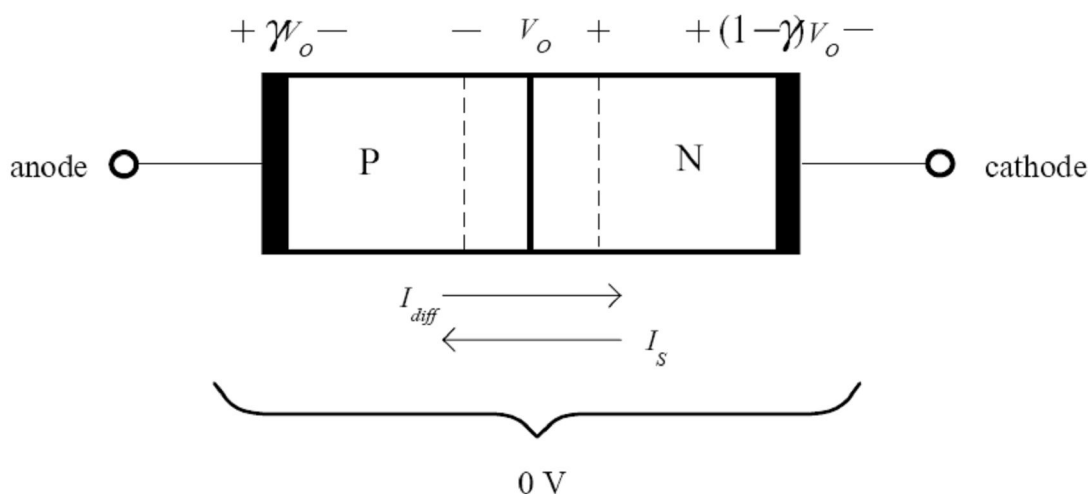
ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 67.

1.4 บริเวณปลอดพาหะ (depletion region)

โดยทั่วไปการแพร่จะไม่หยุดลงจนกว่าความหนาแน่นของอนุภาคจะมีเสมอกันหมดทุกบริเวณ อย่างไรก็ตามการแพร่ของ free electron และ hole ข้ามรอยต่อ PN จะไม่เป็นเช่นนี้ กล่าวคือการแพร่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก แต่จะค่อยๆ ช้าลงตามลำดับ และในสภาวะสมดุลการแพร่ก็เกือบจะหยุดลงโดยสิ้นเชิง เราเรียกย่านที่ปราศจากพาหะว่าบริเวณปลอดพาหะ (carrier-depletion region หรือเรียกสั้น ๆ ว่า depletion region) สาเหตุที่พาหะไม่แพร่ไปทั่วชิ้นสารเนื่องจากการ electric field ใน depletion region จะอยู่ในทิศทางที่ต้านการเคลื่อนที่ของพาหะข้ามรอยต่อ electric field ทำให้เกิดกำแพงศักย์ (voltage barrier) ซึ่งแปรผันตามความกว้างของ depletion region voltage barrier เปรียบเสมือนกำแพงที่ป้องกันไม่ให้อิเล็กตรอนอิสระและโฮล (ที่มีพลังงานไม่สูงพอ) เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อได้

1.5 การเกิด Diffusion Current VS Drift Current

การแพร่ของพาหะข้ามรอยต่อ PN จะทำให้เกิดกระแสแพร่ I_{diff} ไหลจากฝั่ง P ไปยังฝั่ง N ในตอนแรกมีการแพร่ ก็จะมีค่ามากและความกว้างของ depletion ก็ขยายอย่างรวดเร็ว เมื่อการแพร่มีน้อยลง กระแสแพร่ก็จะมิต่ำลง จนเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล ความกว้างของ depletion region จะหยุดขยายตัว และมีค่าน้อยมาก เกิดจากการเคลื่อนที่ของ (free electron ใน P-type semi และ โฮลใน N-type semi) ข้ามรอยต่อด้วยอำนาจของ electric field ใน depletion region drift current จะไหลในทิศทางตรงข้ามกับการ diffusion current ขนาดของ drift current จะขึ้นอยู่กับจำนวนของ minority carrier ที่เกิดจากการ thermal ionization ทำให้ขนาดของ drift current มีค่าแปรผันตาม T



ภาพประกอบ 8 การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำกับโลหะเรียกว่า Ohmic Contact

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 68.

การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำกับโลหะเรียกว่า Ohmic Contact การเชื่อมต่อแท่ง PN กับโลหะ จะทำให้แรงดันภายนอกจะมีค่าเท่ากับศูนย์! เนื่องจากแรงดันระหว่างรอยต่อจะถูกหักล้างโดยแรงดันที่ตกคร่อม metal contact ทั้งสองชนิดจนหมด

1.6 ซีเนอร์เอฟเฟกต์ (Zener Effect)

hole ใน P-type semi จะถูกขั้วลบของแหล่งจ่ายภายนอกดึงดูด free electron ใน N-type semi ก็จะถูกดึงดูดโดยขั้วบวกของแหล่งจ่าย บริเวณปลอดพาหะทั้งทางฝั่ง P และฝั่ง N มีขนาดกว้างขึ้นทำให้แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อมีค่าสูงขึ้น แรงดันดังกล่าวทำให้เกิด electric field ซึ่งมีความแรงมากพอที่จะทำให้ Silicon atom ถูก ionize และเกิด free electron และ hole ขึ้นอย่างมากมาย การเกิด carrier ขึ้นอย่างมากมายนี้ส่งผลให้ความต้านทานมีค่าต่ำมาก ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านรอยต่อจึงมีค่าได้สูงมากในขณะที่แรงดันที่ตกคร่อมตัวมันมีค่าค่อนข้างคงที่

1.7 วาเลนเอฟเฟก (Avalanche effect)

Avalanche effect จะคล้ายกับ Zener effect แต่มีความรุนแรงมากกว่า เมื่อเกิด Avalanche effect แรงดันตกคร่อมรอยต่อมีค่ามากพอที่จะทำให้เกิด free electron และ hole ขึ้นมากมาย (เช่นเดียวกับ Zener effect) ในกรณี Avalanche effect สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในบริเวณรอยต่อยังรุนแรงพอที่จะทำให้ free electron ที่เกิดขึ้นในฝั่ง P ถูกดึงเข้าไปฝั่ง N ด้วยความเร็วสูง free electron ความเร็วสูงเหล่านี้เมื่อไปปะทะกับ Si atom ในฝั่ง N จะไปทำลาย covalent bond ในอะตอมซิลิกอนทำให้เกิด free electron เพิ่มขึ้นอีก free electron ที่เกิดขึ้นมาใหม่เหล่านี้ก็จะมีพลังงานวิ่งไปชนอะตอมอื่น ๆ ทำให้เกิดการ ionize และเกิด free electron เพิ่มขึ้นอีก ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ ในลักษณะเดียวกับหิมะถล่มทำให้กระแสที่ไหลผ่านรอยต่อจึงมีค่าสูงมากกว่าในกรณีที่เกิดปรากฏการณ์ซีเนอร์ (กฤษฎา วิสวธีรานนท์. 2538:25)

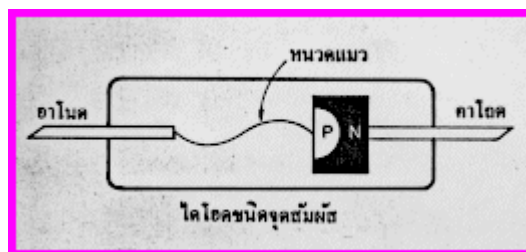
สรุป สารกึ่งตัวนำเป็นสารที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน เช่น ซิลิกอน เยอรมันเนียม เทลลูเรียม เป็นต้น สารดังกล่าวเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ คือมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระอยู่น้อยจึงไม่สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมาก ฉะนั้นถ้าพึ่งสารนี้อย่างเดียวแล้วไม่สามารถทำประโยชน์อะไรได้มากนัก ดังนั้น เพื่อที่จะให้ได้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมากเราจึงต้องมีการปรุงแต่งโดยการเจือปนอะตอมของธาตุอื่นลงไปเนื้อสารเนื้อเดียวเหล่านี้ หรือเอาอะตอมของธาตุบางชนิดมาทำปฏิกิริยากันให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ สารกึ่งตัวนำที่สร้างขึ้นโดยวิธีดังกล่าวนี้เรียกว่า สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ หรือสารกึ่งตัวนำแบบสารประกอบตามลำดับ ซึ่งจะเป็นสารที่ใช้ทำทรานซิสเตอร์ เฟท และไดโอดชนิดต่าง ๆ

2. ไดโอด (Diode)

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่สร้างมาจากสารกึ่งตัวนำสองชนิดคือสารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น(ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2548 : 90)

2.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส (Point-contact diode)

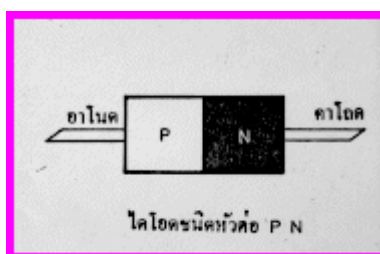
ไดโอดชนิดนี้เกิดจากการนำสารเยอรมันเนียมชนิด N มาแล้วอัดสายเล็ก ๆ ซึ่งเป็นลวดพลาคินัม (Platinum) เส้นหนึ่งเข้าไปเรียกว่า หนดแมว จากนั้นจึงให้กระแสค่าสูง ๆ ไหลผ่านรอยต่อระหว่างสายและผลึก จะทำให้เกิดสารชนิด P ขึ้นรอบ ๆ รอยสัมผัสในผลึกเยอรมันเนียมดังรูป



ภาพประกอบ 9 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 10.

2.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาแล้วแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางชนิดเข้าไปในเนื้อสาร P ขึ้นบางส่วน แล้วจึงต่อขั้วออกใช้งาน ไดโอดชนิดนี้มีบทบาทในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และมีที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

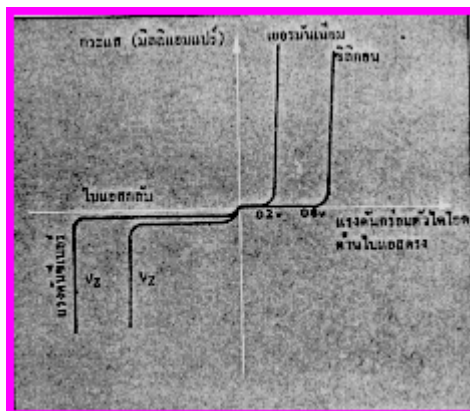


ภาพประกอบ 10 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode)

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 10.

2.3 ลักษณะสมบัติระหว่าง แรงดันและกระแสของไดโอด

เนื่องจากความต้านทานของตัวไดโอด ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่าสิ่งประดิษฐ์ ไดโอดมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะ : สมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอด (I_D) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวไดโอด (V_D) ทั้งในทิศทางไบแอสตรง และไบแอสกลับลักษณะ สมบัติทางด้านไบแอสตรงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านไดโอดเมื่อใส่แรงดันแก่ไดโอดด้วยค่า ๆ หนึ่งแรงดันนี้คือค่าแรงดันที่เราเรียกว่า แรงดันคัทอิน (cutin voltage) ของไดโอดเนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อ P-N แบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดซิลิกอนและชนิดเยอรมันเนียม ดังนั้นลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอดทั้งสองชนิด จะเห็นได้ชัดดังในรูป



ภาพประกอบ 11 ลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอด

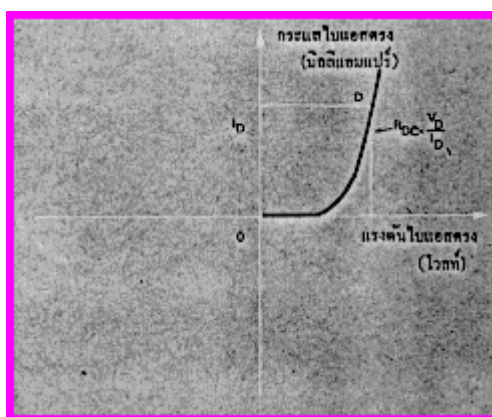
ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 11.

2.4 ความต้านทานในตัวไดโอด

พอที่จะแบ่งออกตามชนิดของแรงดันที่ให้กับตัวไดโอด ซึ่งแยกออกเป็นความต้านทานทางไฟตรงหรือทางสแตติกและความต้านทานไฟสลัป (http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode_3.htm)

2.4.1 ความต้านทานทางไฟตรง (static resistance)

จากลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสของไดโอดจะไม่ใช่เป็นลักษณะเชิงเส้น ดังนั้นความต้านทานในตัวไดโอดจึงไม่คงที่ จากกฎของโอห์มจะให้ความต้านทานทางไฟตรง ที่จะทำงานขณะไม่มีสัญญาณอื่นใดเข้ามา



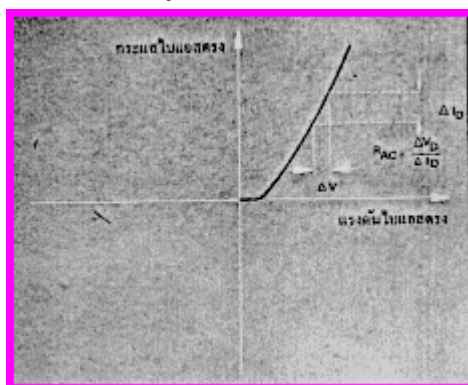
ภาพประกอบ 12 แสดงค่าความต้านทานในตัวไดโอดทางไฟตรง

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 11.

2.4.2 ความต้านทานทางไฟสลัป (dynamic resistance)

เมื่อไดโอดทำงานในขณะที่มีค่าสัญญาณแรงดันไฟสลัปขนาดเล็ก ๆ ป้อนเข้ามาค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นที่ไดโอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาค่าความต้านทานนี้จะแตกต่างจากความต้านทานทางไฟตรงเราเรียกค่าความต้านทานนี้ว่า ความต้านทานทางไฟสลัปการหาค่าความต้านทาน

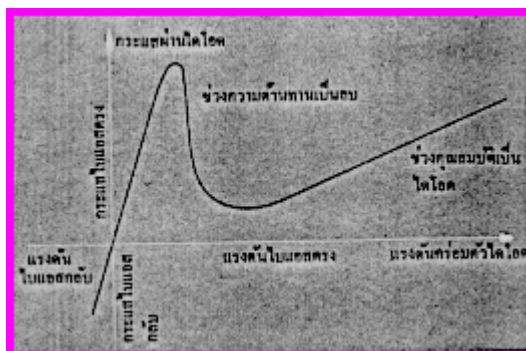
ทางไฟสลับลำค่าได้จากค่าอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของแรงดันคร่อมตัวไดโอดที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลในตัวไดโอด เนื่องจากการทำงานของไดโอดเมื่อมีสัญญาณเข้ามา ณ จุดที่ไดโอดทำงานก็จะมีค่าไม่คงที่ไม่แน่นอน เกิดการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะสมบัติ แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสไบแอสตรงค่าเล็ก ๆ ของกระแสและแรงดันแล้วจะสามารถหาค่าความต้านทานทางไดนามิกหรือความต้านทานต่อไฟสลัปได้ดังรูป



ภาพประกอบ 13 แสดงการหาความต้านทานทางไฟสลัป

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 12.

2.5 ทันเนลไดโอด (tunnel diode) ต่างจากไดโอดธรรมดาตรงที่ลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสบางช่วงเป็นแบบต้านทานลบ กล่าวคือเมื่อเพิ่มแรงดันเกิดค่าค่าหนึ่งแทนที่กระแสจะสูงขึ้นกลับลดลง ดังแสดงในรูป



ภาพประกอบ 14 ลักษณะสมบัติของทันเนลไดโอด (tunnel diode)

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 12.

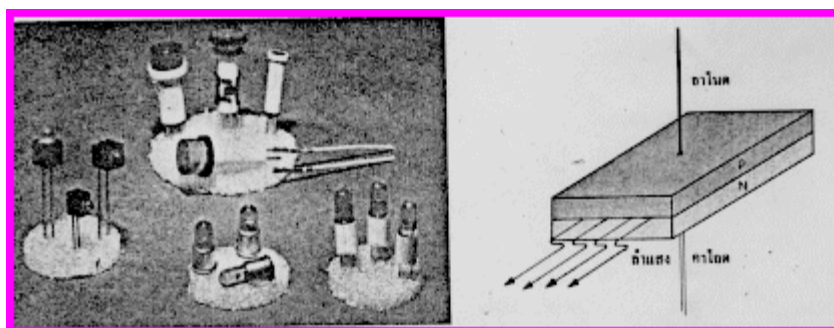
เหตุที่ลักษณะสมบัติบางช่วงเป็นความต้านทานลบเพราะว่ามีการได้ปสารด้านใดด้านหนึ่งของหัวต่อ P-N ให้มีสารเจือปนมากกว่าปกติถึงเป็นร้อยเท่าพันเท่า ซึ่งการได้ปมาก ๆ เช่นนี้ทำให้หัวต่อที่เรียกว่าดีพลีชั้นบางมากเมื่อให้ไบแอสตรงจึงทำให้พาหะสามารถวิ่งทะลุรอยต่อไปยังขั้วอีกด้านหนึ่งได้



ภาพประกอบ 15 สัญลักษณ์ของทันเนลไดโอด

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 14.

2.6 ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode) เรียกย่อ ๆ ว่า LED คือ ไดโอดซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น



ภาพประกอบ 16 ไดโอดเปล่งแสง

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 14.

ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบแอสตรงจะทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (display unit) LED โดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ LED ชนิดที่ตาคนเห็นได้กับชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน



ภาพประกอบ 17 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 15.

เมื่อนำ LED มาประกอบกับโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นตัวรับแสงจาก LED โฟโตทรานซิสเตอร์จะให้กระแสที่เปลี่ยนแปลงกับความเข้มของแสงที่มาจากไดโอดอุปกรณ์ที่รวมกันระหว่าง LED กับโฟโตทรานซิสเตอร์เรียกว่า โฟโตไอโซเลชัน (photo isolation)

2.7 ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode)

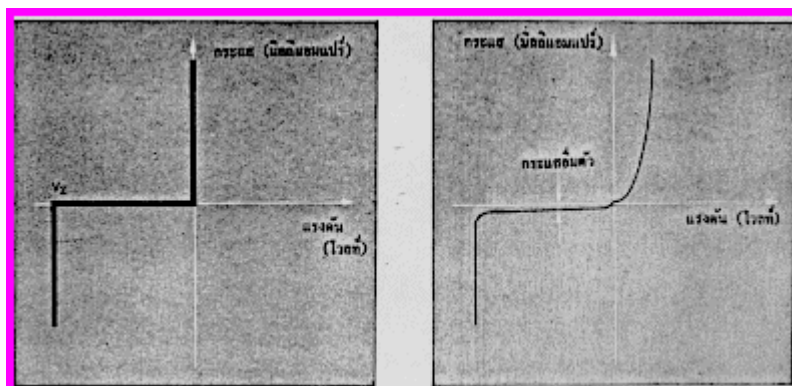
ไดโอดธรรมดาเมื่อทำการไบแอสกลับจนถึงค่าแรงดันพังจะทำให้เกิดการเสียหายได้ ซีเนอร์ไดโอดเป็นซิลิกอนไดโอดชนิดพิเศษที่กระแสนอนกลับสามารถไหลเฉลี่ยทั่วพื้นที่รอยต่อของไดโอด จึงสามารถทนกระแสนอนกลับได้สูงมาก ดังนั้นซีเนอร์ไดโอดจึงสามารถใช้ควบคุมแรงดันโดยใช้แรงดันที่ตกคร่อมตัวมันเองเป็นตัวควบคุมสัญลักษณ์ของตัวซีเนอร์ไดโอดเขียนได้ดังรูป



ภาพประกอบ 18 ซีเนอร์ไดโอด

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 15.

ซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติจะควบคุมแรงดันได้ต่อเมื่อถูกไบแอสกลับกล่าวคือ จะมีกระแสไหลผ่านไดโอดได้ก็ต่อเมื่อไบแอสกลับจนถึงค่าแรงดันซีเนอร์เท่านั้น

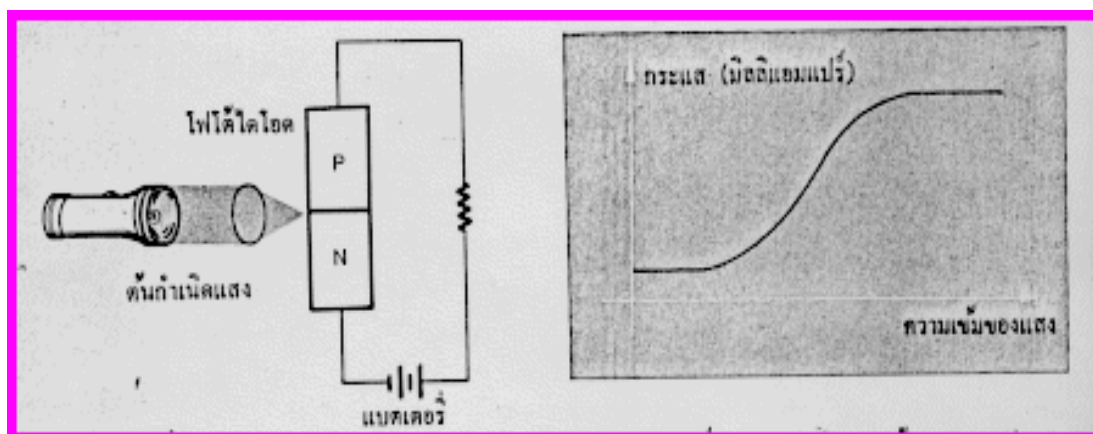


ภาพประกอบ 19 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดทางอุดมคติ ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอดจริง

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 17.

2.8 โฟโตไดโอด (Photo diode)

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำกระแสได้ก็เนื่องจากการให้พลังงานเพื่อดึงอิเล็กตรอนให้หลุดจากบอนด์ เป็นผลทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮล และเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าจะเกิดสนามไฟฟ้าในแท่งสารนั้น เป็นผลทำให้ประจุอิเล็กตรอนและโฮล เคลื่อนที่ โฟโตไดโอดจึงมีหลักการทำงานโดยอาศัยแสงในการ เพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในเนื้อสารกึ่งตัวนำ



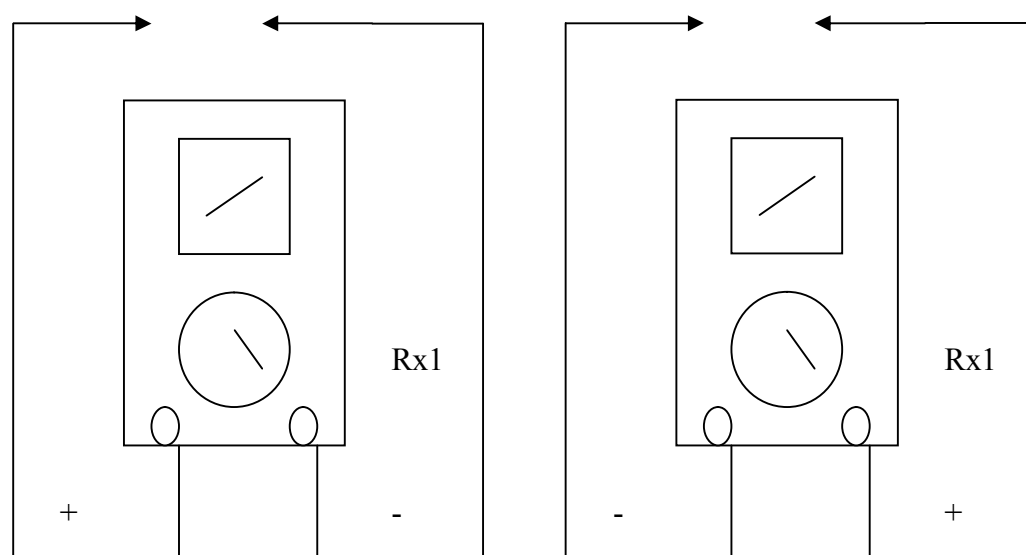
ภาพประกอบ 20 วงจรโฟโตไดโอดและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสกับความเข้มของแสง

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 18.

วงจรโฟโตไดโอดเบื้องต้นต่อเป็นวงจรความต้านทานโหลดและแหล่งจ่ายไฟดังรูป โดยปกติไดโอดจะถูกไบแอสตรงแต่ในขณะที่ยังไม่มีแสงตกกระทบบนไดโอด จำนวนอิเล็กตรอนและโฮลที่ในเนื้อสารมีจำนวนไม่มากนัก ดังนั้นกระแสที่ไหลในวงจรจึงเป็นส่วนน้อย ครั้นเมื่อส่วนของสารกึ่งตัวนำมีแสงส่องตก จะทำให้เนื้อสารเกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่เกิดขึ้นจะแปรตรงกับกับความเข้มของแสงแต่เมื่อเพิ่มความเข้มของแสงจนถึงค่าหนึ่งจะไม่มี的增加ของอิเล็กตรอนอิสระอีกแล้วในช่วงนี้เราจะเรียกว่า ช่วงอิ่มตัว (saturation region) ในขณะที่ไม่มีแสงตกกระทบบนไดโอดที่ไหลผ่านตัวไดโอดนี้เรียกว่า กระแสมืด (dark current)

2.9 การตรวจสอบไดโอด

การทำงานของไดโอดเปรียบได้เหมือนกับการทำงานของสวิตช์ ที่มีสถานะต่อวงจร และเปิดวงจร โดยเมื่อถ้าเราจ่ายแรงดันไบแอสตรงให้กับ ไดโอด การทำงานของไดโอด ก็เปรียบเสมือนสวิตช์ปิดวงจร เมื่อมีการไบแอสกลับขั้ว ไดโอด ก็เปรียบเสมือนสวิตช์ เปิดวงจรโดย การที่จะทดสอบหาขั้วของไดโอดนั้น เราต้องใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัด โดยตั้งย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านการวัดความต้านทาน RX1 จากนั้นให้ใช้สายโพรบเส้นสีแดง และสีดำจับที่ขาของไดโอดดังรูปประกอบ



ภาพประกอบ 21 ภาพการวัดหาไดโอด

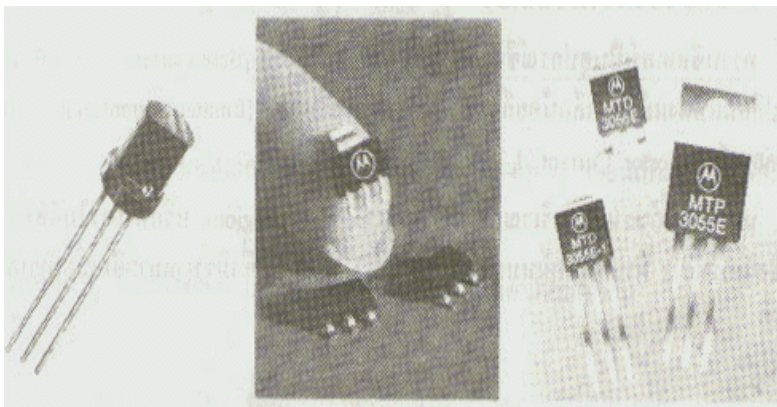
ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2536) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. หน้า 19.

ในการวัดค่าถ้าเข็มของมัลติมิเตอร์ ขึ้นให้ดูว่าสายโพรบสีแดงจับอยู่ที่ขาไหน แสดงว่าขานั้นเป็นขาคาโทด เนื่องจากมัลติมิเตอร์สายโพรบบวกจะปล่อยไฟลบออกมา ส่วนอีกขาที่สายโพรบสีดำ หรือสายลบจับอยู่จะเป็นขา อาโนด ในการจะตรวจเช็คดูว่า ไดโอดนั้นดีหรือเสีย ให้เราลองวัดโดยใช้มัลติมิเตอร์ ตั้งย่านการวัดไปที่ย่าน RX1 แล้วเวลาวัดให้กลับสายวัดไปมา วัดครั้งแรกเข็มจะขึ้น เมื่อวัดอีกครั้งเข็มจะต้องไม่ขึ้น แสดงว่าไดโอดดี

สรุป ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่สร้างมาจากสารกึ่งตัวนำสองชนิดคือสารกึ่งตัวนำชนิดพี และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมาต่อกันเพื่อใช้งาน คุณสมบัติของไดโอดนั้นสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ทิศทางเดียว จากคุณสมบัติดังกล่าวไดโอดจึงนำไปใช้ในวงจรเรกติไฟเลอร์ หรือวงจรแปลงแรงดัน กระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟตรง และไดโอดยังถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆโดยทั่วไป

3. ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ pn จำนวน 2 ตำแหน่ง จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพลาร์ (Bipolar Junction Transistor(BJT)) (ยื่น ภู่วรรณ. 2538:25)

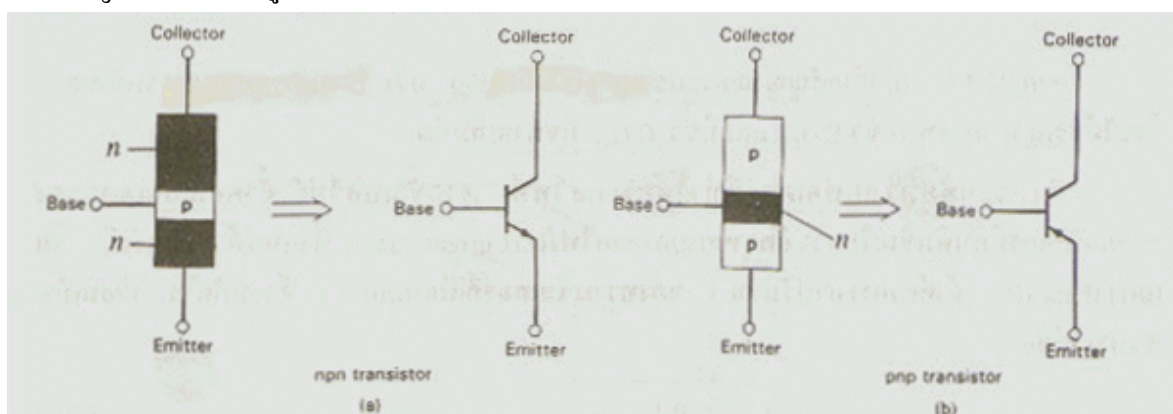


ภาพประกอบ 22 ทรานซิสเตอร์

ที่มา: ยื่น ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 25.

3.1 ประเภทของทรานซิสเตอร์ (Type of Transistors)

ทรานซิสเตอร์แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ ทรานซิสเตอร์แบบ npn (nnp Transistor) และทรานซิสเตอร์แบบ pnp (pnp Transistor) ทรานซิสเตอร์แบบ npn ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด n จำนวน 2 ชั้นต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิด p จำนวน 1 ชั้น แสดงสัญลักษณ์เป็นดังรูป ทรานซิสเตอร์แบบ pnp ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด p จำนวน 2 ชั้นต่อเชื่อมกับสารกึ่งตัวนำชนิด n จำนวน 1 ชั้น แสดงสัญลักษณ์เป็นดังรูป



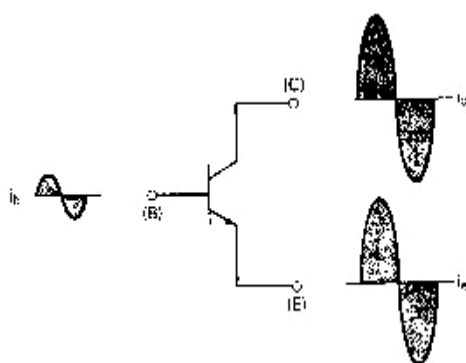
ภาพประกอบ 23 ประเภทของทรานซิสเตอร์ (Type of Transistors)

ที่มา: ยื่น ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 25.

3.2 กระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ (Transistor Current and Voltage)

เนื่องจากทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขั้วคอลเลกเตอร์ (Collector;C), ขั้วเบส (Base;B) และขั้วอิมิตเตอร์ (Emitter;E) จึงมีกระแสและแรงดันทรานซิสเตอร์หลายค่า ดังนี้

กระแสของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ซึ่งถูกควบคุมด้วยกระแสเบส [Base Current; I_B] กล่าวคือ เมื่อ I_B มีการเปลี่ยนแปลงแม้เพียง เล็กน้อยก็จะทำให้กระแสอิมิตเตอร์ [Emitter Current; I_E] ทำงาน (Operating Region) หรือทำการไบอัสที่รอยต่อของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตำแหน่ง ให้เหมาะสม ก็จะได้ I_E และ I_C ซึ่งมีขนาดมากขึ้นเมื่อเทียบกับ I_B



ภาพประกอบ 24 ภาพการทำงานของทรานซิสเตอร์

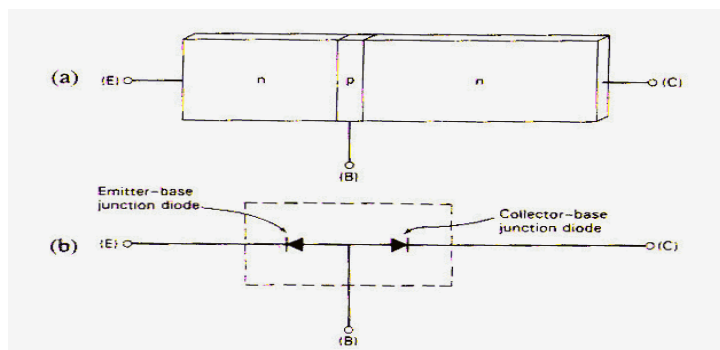
ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 26.

จากรูป เมื่อจ่ายสัญญาณกระแส ac ที่ขั้วเบส (i_b) หรือที่ด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ก็จะได้รับสัญญาณเอาต์พุตที่ขั้ว E (i_e) และที่ขั้ว C (i_c) มีขนาดเพิ่มขึ้น ตัวประกอบหรือแฟกเตอร์ที่ทำให้กระแสไฟฟ้า จากขั้วเบสไปยังขั้วคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์

3.3 แรงดันของทรานซิสเตอร์ ขณะต่อทรานซิสเตอร์เพื่อใช้กับงานจริง มีแรงดันไฟฟ้าหลายประการเกิดขึ้น V_{CC} , V_{EE} , และ V_{BB} เป็นแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง V_C , V_B และ V_E เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากขั้ว C, B และ E V_{CE} , V_{BE} และ V_{CB} เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ระหว่างขั้วที่ระบุตามตัวห้อย

3.4 โครงสร้างและการทำงานของทรานซิสเตอร์ (Transistor Construction and Operation)

ได้กล่าวมาแล้วว่าทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้นต่อเชื่อมกัน ดังนั้นจึงมีรอยต่อ pn จำนวน 2 ตำแหน่งดังรูป

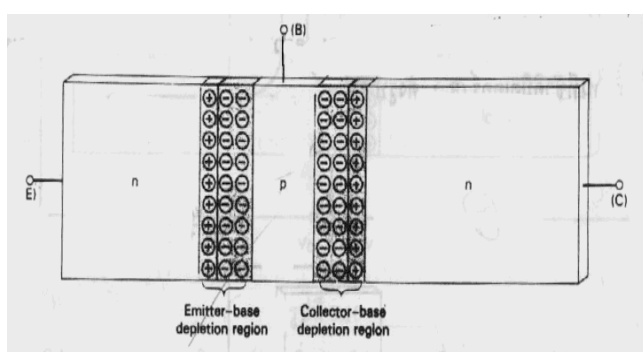


ภาพประกอบ 25 โครงสร้างและการทำงานของทรานซิสเตอร์

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 27.

ตำแหน่งที่อิมิตเตอร์กับเบสเชื่อมกันเป็นรอยต่อ pn เรียกว่า รอยต่ออิมิตเตอร์-เบส (Emitter Base Junction) ส่วนตำแหน่งที่ คอลเลคเตอร์กับเบสต่อเชื่อมกันเรียกว่า รอยต่อคอลเลคเตอร์-เบส (Collector Base Junction) เขียนแทนได้ด้วย ค่าเทียบเคียงของไดโอด เมื่อนำหลักการ มาร่วมพิจารณา ทำให้ทราบว่า การที่จะนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานได้นั้นต้องต่อแรงดันไฟฟ้าเพื่อทำการไบอัสที่รอยต่อหรือไดโอด เทียบเคียงทั้งสอง เนื่องจากทรานซิสเตอร์ มี 3 ขั้ว การต่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน จึงเป็นไปได้ 3 แบบคือ การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณคัตออฟ (Cut-off Region) การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณอิ่มตัว (Saturation Region) การให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่บริเวณแอคทีฟ (Active Region)

3.4.1 กรณีไม่ได้รับการไบอัส ขณะทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับการไบอัส จะเกิดบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) ที่รอยต่อทั้งสอง

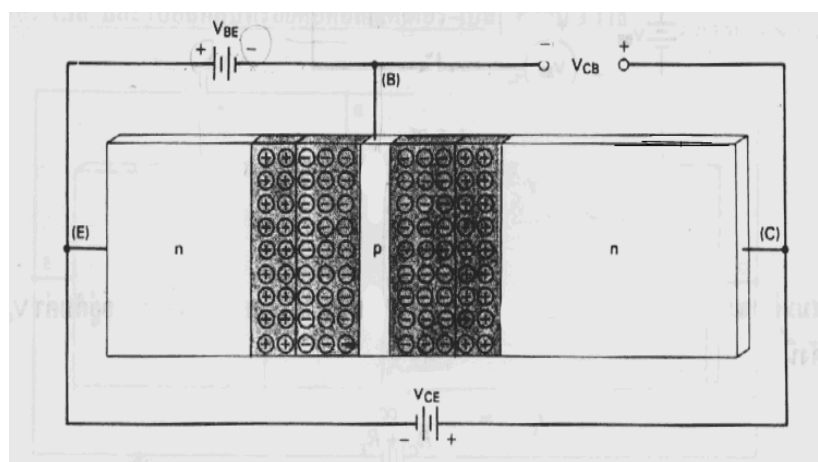


ภาพประกอบ 26 ทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับการไบอัส

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 28.

3.4.2 การทำงานที่บริเวณคัตออฟ

การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในบริเวณคัตออฟเป็นการไบอัสกลับที่ รอยต่อทั้ง 2 ตำแหน่งซึ่งจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขั้วทั้งสามมีค่าใกล้ศูนย์จากการต่อวงจรในลักษณะ ดังกล่าวบริเวณปลอดพาหะทั้งสองบริเวณจะขยายกว้างขึ้นจึงมีเพียงกระแสย้อนกลับ

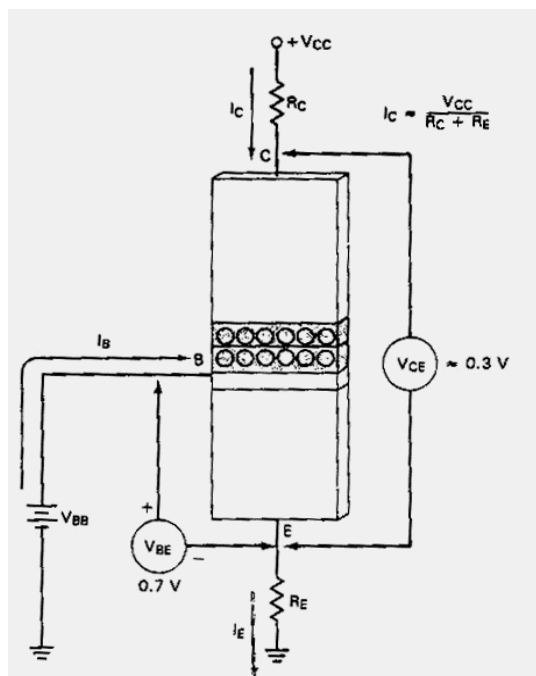


ภาพประกอบ 27 การทำงานที่บริเวณคัตออฟ

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 28.

3.4.3 การทำงานที่บริเวณอิ่มตัว

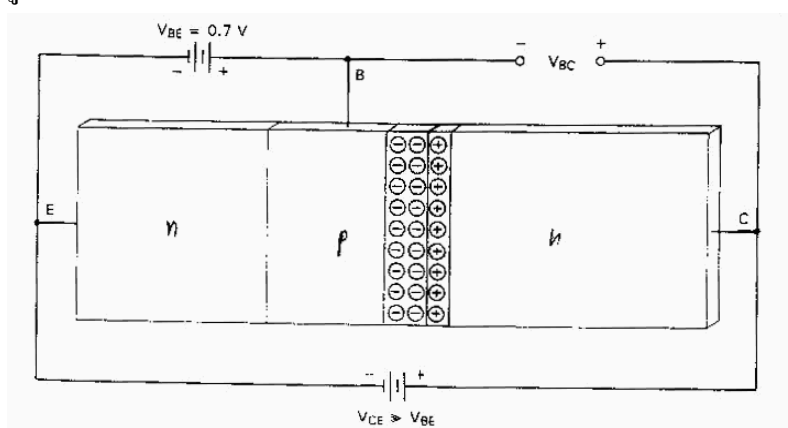
จากสมการที่1 ทำให้ทราบว่าถ้าค่า I_B เพิ่มขึ้น I_C ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อ I_C เพิ่มขึ้นจนถึง ค่าสูงสุด หรือ เรียกว่า ทรานซิสเตอร์เกิดการอิ่มตัว ณ ตำแหน่งนี้ค่า I_C จะเพิ่มตามค่า I_B ไม่ได้อีกแล้ว การหาค่า I_C ทำได้โดยใช้ V_{CC} หารด้วยผลรวมของความต้านทานที่ขั้วคอลเลกเตอร์ (R_C) กับความต้านทาน ที่ขั้วอิมิตเตอร์(R_E) ดังรูป



ภาพประกอบ 28 การทำงานที่บริเวณอิมิตัว

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 29.

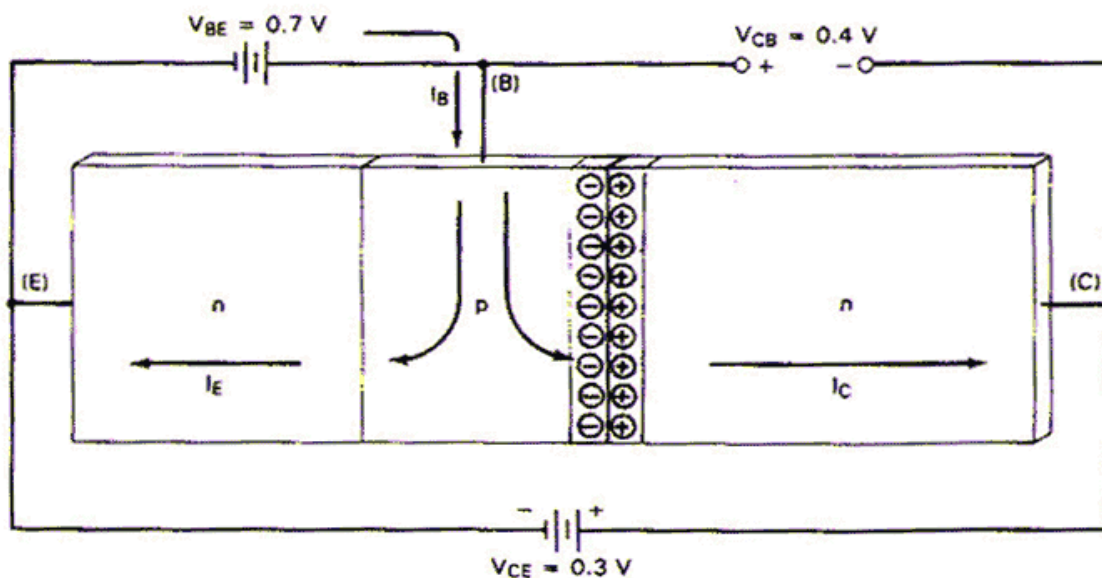
การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในบริเวณอิมิตัว เป็นการไบอัสตรงที่รอยต่อทั้ง ตำแหน่งของทรานซิสเตอร์ ดังรูป



ภาพประกอบ 29 การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในบริเวณอิมิตัว

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 29.

สมมติค่า V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ขณะอิมิตัว มีค่า 0.3 V (ซึ่งต่ำกว่า V_{BE} ที่มีค่า 0.7 V) บริเวณรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส จะได้รับการไบอัสตรงด้วยผลต่างระหว่างแรงดัน V_{BE} กับ V_{CE} (เท่ากับ 0.4 V) กระแสไฟฟ้า I_E , I_C และ I_B จะมีทิศทาง ดังรูป

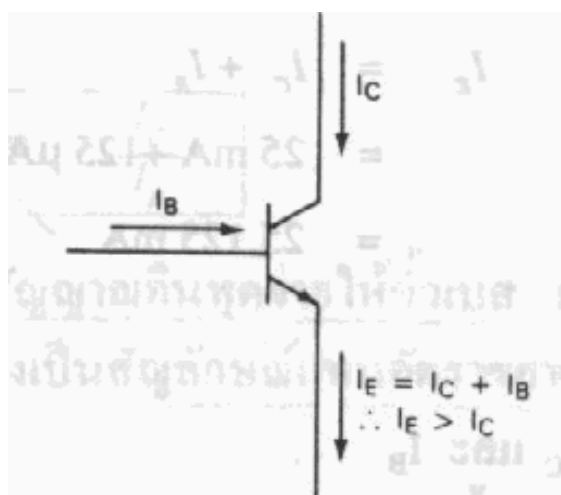


ภาพประกอบ 30 บริเวณรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 30.

3.4.4 การทำงานที่บริเวณแอคติฟ

การต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในบริเวณแอคติฟเป็นการแอคติฟเป็นการไบอัสตรงที่รอยต่อ อิมิตเตอร์-เบส และไบอัสกลับที่รอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส ดังรูป



ภาพประกอบ 31 การทำงานที่บริเวณแอคติฟ

ที่มา: ยืน ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 30.

การอธิบายหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ในบริเวณนี้จะง่ายขึ้น ถ้าพิจารณาเฉพาะรอยต่ออิมิตเตอร์-เบส โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ของไดโอด ดังรูป b [สมมติ VBE มีค่ามากพอที่จะทำให้ไดโอดทำงาน (Si ประมาณ 0.7 V และ Ge ประมาณ 0.3 V)] รอยต่อคอลเลคเตอร์-เบสได้รับการไบอัสกลับ ทำให้บริเวณปลอดพาหะกว้างกว่าที่รอยต่ออิมิตเตอร์-เบสซึ่ง ได้รับการไบอัสตรง ดังนั้น ความต้านทานที่เบส (RB) จึงมีค่าสูง เมื่อพิจารณาในรูปของไดโอดจะเห็นว่า IB เป็นกระแสที่มีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับกระแสคอลเลคเตอร์ (IC) และเป็นส่วนหนึ่งของ IE ดังนั้น IE ส่วนใหญ่จึงเป็นกระแส IC ซึ่งผ่านรอยต่อคอลเลคเตอร์-เบส ของทรานซิสเตอร์

ค่าพิกัดของทรานซิสเตอร์

3.5 ค่าพิกัดของทรานซิสเตอร์

ค่าพิกัดของทรานซิสเตอร์มีหลายประเภท ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงค่าพิกัดเฉพาะบางประเภท อันเป็นพื้นฐาน สำคัญสำหรับการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความเสียหายใด ๆ ซึ่งได้แก่ พิกัดเบตา ไฟฟ้ากระแสตรง, พิกัดอัลฟาไฟฟ้ากระแสตรง, พิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด และพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

3.5.1 เบตาไฟฟ้ากระแสตรง (DC BETA) พิกัดเบตาไฟฟ้ากระแสตรงของทรานซิสเตอร์ซึ่งมักเรียกสั้น ๆ ว่าเบตา เป็นอัตราส่วนของ IC ต่อ IB เขียน เป็นสมการได้ดังนี้ คือ

$$\text{Beta} = \text{IC} / \text{IB} \quad \text{สมการที่ 3}$$

วงจรทรานซิสเตอร์ส่วนมากมีสัญญาณอินพุตจ่ายให้ขั้วเบส และสัญญาณเอาต์พุตออกจากขั้วคอลเลคเตอร์ เบตาของทรานซิสเตอร์จึงเป็นสัญลักษณ์แทนอัตราขยายกระแส dc (dc Current Gain) ของทรานซิสเตอร์ จากสมการ 1 และ 3 หากำกระแสอิมิตเตอร์ได้ ดังนี้

$$\text{IC} = \text{Beta} * \text{IB} \quad \text{สมการที่ 4}$$

$$\text{IE} = \text{IB} + \text{IC} = \text{IB} + \text{Beta} * \text{IB}$$

$$\text{IE} = \text{IB} (1 + \text{Beta}) \quad \text{สมการที่ 5}$$

เราใช้เบตาและกระแสไฟฟ้าที่ขั้วใดขั้วหนึ่งหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ขั้วอื่น ๆ ได้

3.5.2 อัลฟาไฟฟ้ากระแสตรง (DC Alpha) พิกัดอัลฟาของทรานซิสเตอร์ ซึ่งมักเรียกสั้น ๆ ว่า อัลฟา คือ อัตราส่วน IC ต่อ IE เขียนเป็น สมการได้ ดังนี้

$$\text{Alpha} = \text{IC} / \text{IE} \quad \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อนำกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์มาร่วมพิจารณา จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ ขั้วทั้งสามของทรานซิสเตอร์เป็นดังสมการ 1 คือ

$$\text{IE} = \text{IB} + \text{IC}$$

$$\text{IC} = \text{IE} - \text{IB}$$

เนื่องจาก IC มีค่าต่ำกว่า IE (เป็นปริมาณเท่ากับ IB) ดังนั้น Alpha หรือ IC/IE จึงมีค่าต่ำกว่า 1 จากสมการที่ 6 ทำให้ได้

$$IC = \text{Alpha} * IE \quad \text{สมการที่ 7}$$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว หาค่า IB ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} IB &= IE - IC \\ &= IE - (\text{Alpha} * IE) \end{aligned}$$

$$IB = IE(1 - \text{Alpha}) \quad \text{สมการที่ 8}$$

3.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัลฟาและเบตา (The Relationship Between Alpha and Beta)
โดยทั่วไปสเปคของทรานซิสเตอร์จะระบุค่าเบตาแต่จะไม่มีค่าอัลฟาเนื่องจากมักใช้ค่าเบตาสำหรับการคำนวณในวงจรทรานซิสเตอร์มากกว่าอัลฟาแต่ในบางครั้งจำเป็นต้องหาค่าอัลฟาเพื่อคำนวณค่าอื่นต่อไป จึงมีวิธีการหาค่าอัลฟาในเทอมของเบตา โดยเริ่มต้นจาก

$$\text{Alpha} = IC / IE$$

เขียนสมการใหม่โดยใช้สมการที่ 4 แทนค่า IC และสมการที่ 5 แทนค่า IE

$$\text{Alpha} = \text{Beta} / (1 + \text{Beta}) \quad \text{สมการที่ 9}$$

$$IE = (\text{Beta} + 1) * IB \quad \text{สมการที่ 10}$$

3.5.4 พิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด

สเปคของทรานซิสเตอร์ระบุค่าพิกัดสูงสุดของกระแสคอลเลคเตอร์ [IC(max)] ไว้เสมอ IC (max) หมายถึง กระแสคอลเลคเตอร์สูงสุดที่ทรานซิสเตอร์ทนได้โดยไม่ทำให้เกิดความร้อนจนทรานซิสเตอร์เสียหาย ดังนั้นการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานต้องระวังไม่ให้ค่า IC สูงกว่า IC(max) ค่า IC(max) จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสเบสสูงสุด [IB(max)] ดังนี้

$$IB(\text{max}) = IC(\text{max}) / \text{Beta}(\text{max}) \quad \text{สมการที่ 11}$$

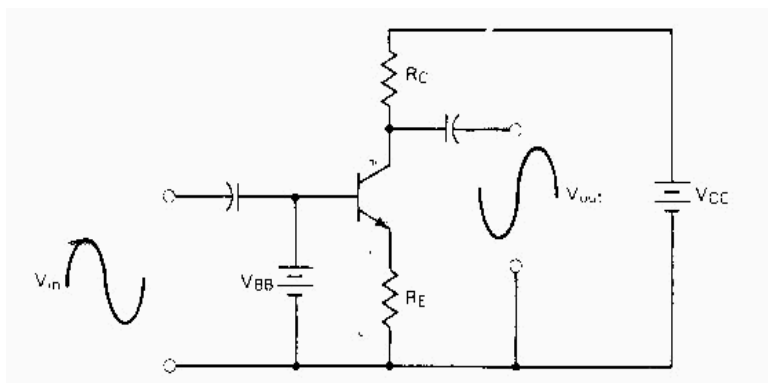
3.5.5 พิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

สเปคของทรานซิสเตอร์ส่วนมากจะระบุค่าพิกัดสูงสุดของแรงดันที่ขั้วคอลเลคเตอร์-เบส [VCB (max)] VCB(max) หมายถึง แรงดันไบอัสกลับที่ใช้กลับที่ใช้กับรอยต่อคอลเลคเตอร์-เบสได้โดยไม่ทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ดังนั้นการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้ VCB สูงกว่า VCB(max)

3.6 การจัดโครงสร้างของทรานซิสเตอร์พื้นฐาน (Basic Transistor Configuration)

เราทราบว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์มีจำนวนทั้งหมด 3 ขั้ว จึงจัดโครงสร้างให้อยู่ในรูปวงจรได้ 3 แบบ คือ

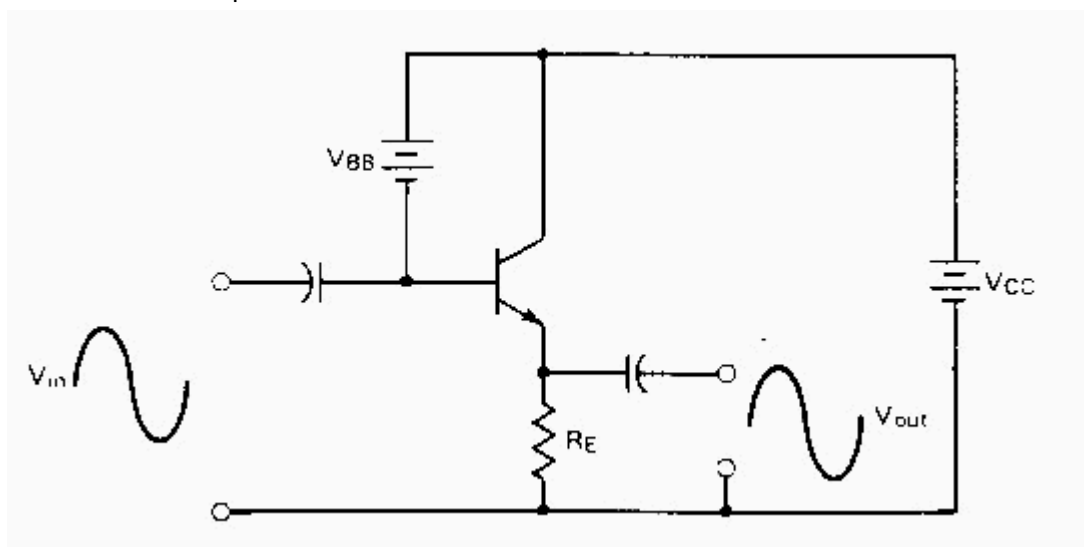
3.6.1 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) วงจรอิมิตเตอร์ร่วมเป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้กับขั้วเบสและมีเอาต์พุตออกมาจากขั้วคอลเลคเตอร์



ภาพประกอบ 32 วงจรอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter)

ที่มา: ปิ่น ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 34.

3.6.2 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์ (Common Collector or Emitter Follower) วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้ขั้วเบสและเอาต์พุตออกจากขั้วอิมิตเตอร์

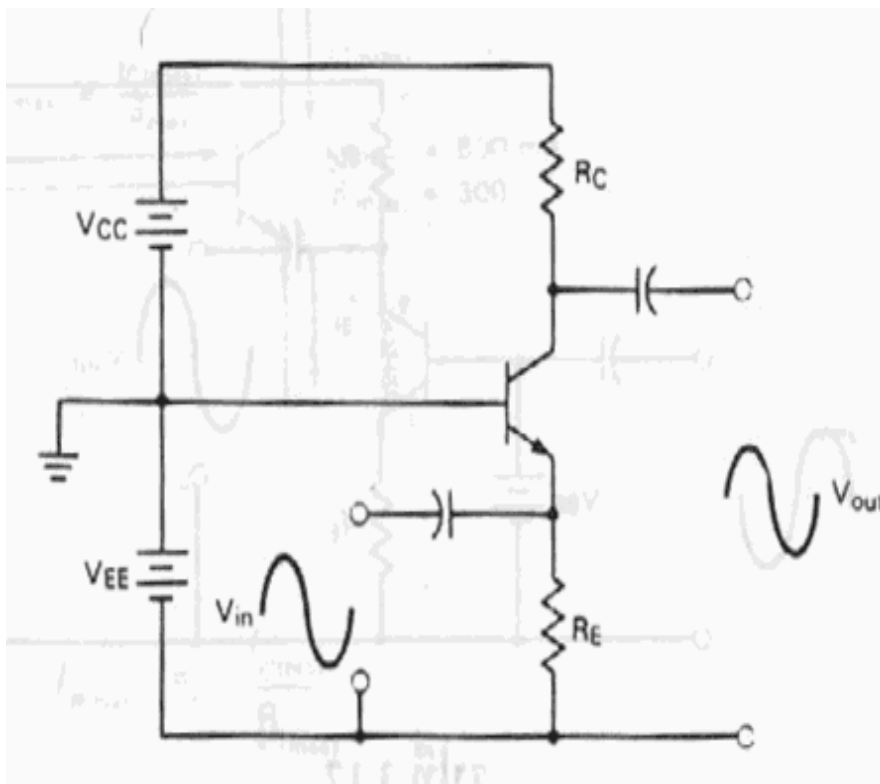


ภาพประกอบ 33 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมหรือวงจรตามสัญญาณอิมิตเตอร์

ที่มา: ปิ่น ภู่วรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 35.

วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมมีอัตราขยายกระแสไฟฟ้าสูง แต่อัตราขยายแรงดันไฟฟ้าต่ำ แรงดัน ac อินพุตกับแรงดัน ac เอาต์พุตจะ in phase กัน

3.6.3 วงจรเบสร่วม (Common Base) วงจรเบสร่วม เป็นวงจรที่มีการจ่ายอินพุตให้ขั้วอิมิตเตอร์ และเอาต์พุตออกจากขั้วคอลเลคเตอร์ ชื่อเบสร่วมเป็นนัยแสดง ให้ทราบว่าขั้วเบสเป็นจุดต่อร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทั้งสองวงจรเบสร่วมใช้มากในงานที่ต้องการความถี่สูง

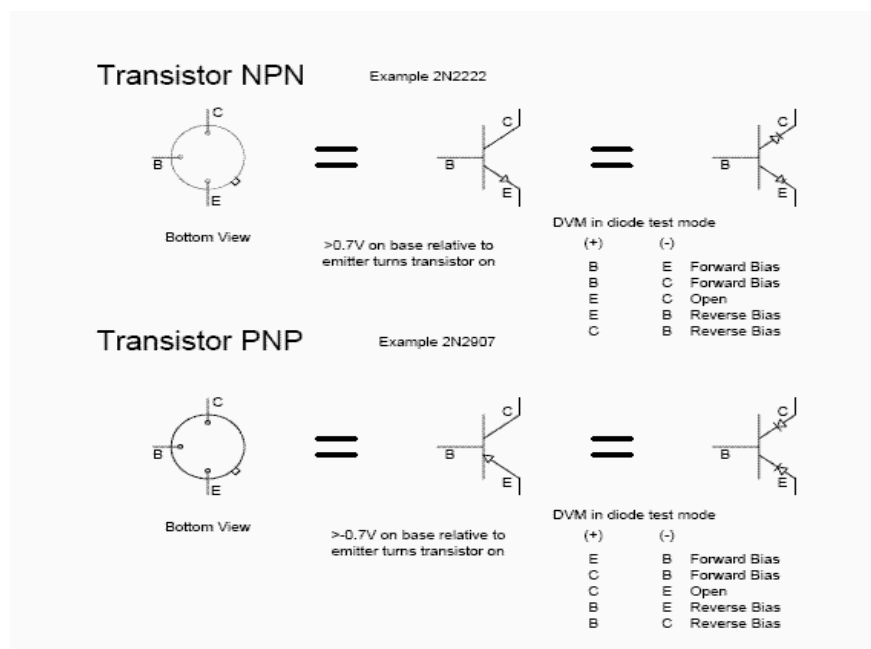


ภาพประกอบ 34 วงจรเบสร่วม (Common Base)

ที่มา: ยืน ภู่วรวรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 36.

3.7 การวัดและตรวจสอบ ทรานซิสเตอร์

3.7.1 การทดสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ความผิดพลาดที่เกิดจากทรานซิสเตอร์ที่พบเสมอคือ การจัดวงจร และการเปิดวงจรระหว่างรอยต่อของสารกึ่งตัวนำของทรานซิสเตอร์



ภาพประกอบ 35 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

ที่มา: ยืน ภู่วรวรรณ. (2538) เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม2. หน้า 38.

จากรูปจะเห็นว่าถ้าให้ไบอัสกลับแก่อิมิตเตอร์ไดโอดและคอลเลกเตอร์ไดโอดของทรานซิสเตอร์ความต้านทานจะมีค่าสูงแต่ถ้าความต้านทานมีค่าต่ำให้สันนิษฐานว่ารอยต่อระหว่างขาของทรานซิสเตอร์เกิดลัดวงจรในทำนองเดียวกันถ้าไบอัสตรงแล้ววัดค่าความต้านทานได้สูงก็ให้สันนิษฐานว่ารอยต่อระหว่างขาเกิดลัดวงจรการทดสอบเพื่อหาตำแหน่งขาทรานซิสเตอร์ ในการพิสูจน์หาตำแหน่งของทรานซิสเตอร์ โดยการสังเกตดูว่า ขาใดอยู่ใกล้กับขบเดียเป็นขา E ขาที่อยู่ตรงข้ามเป็นขา C ส่วนตำแหน่งกลางคือขา B การทดสอบหาชนิดของทรานซิสเตอร์ NPN และ PNP เลือกขาตำแหน่งกลางแล้วสมมุติให้เป็นขาเบส จากนั้นนำสายวัด(-)ของโอห์มมิเตอร์มาแตะที่ขาเบสส่วนสายวัด(+)ให้นำมาแตะกับสองขาที่เหลือ ถ้าความต้านทานที่อ่านได้จากการแตะขาทั้งสองมีค่าต่ำ สรุปได้ทันทีว่า ขาที่ตำแหน่งกลางเป็นขาเบสและทรานซิสเตอร์ที่ทำการวัดนี้เป็นชนิดPNP สำหรับขาอิมิตเตอร์ คือ ขาที่อยู่ใกล้ตำแหน่งเดียและขาที่เหลือคือขาคอลเลกเตอร์นั่นเอง ถ้าความต้านทานที่อ่านได้มีค่าสูงให้สลับสายวัด ถ้าความต้านทานที่อ่านได้จากการแตะขาทั้งสองมีค่าต่ำ สรุปได้ทันที ขาตำแหน่งกลางคือ ขาเบสและเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ถ้าหากว่าความต้านทานต่ำไม่ปรากฏในทั้งสองกรณีให้เปลี่ยนเลือกขาอื่นเป็นขาเบสแล้วทำตามขั้นตอนเดิม (ยืน ภู่วรวรรณ. 2538:38)

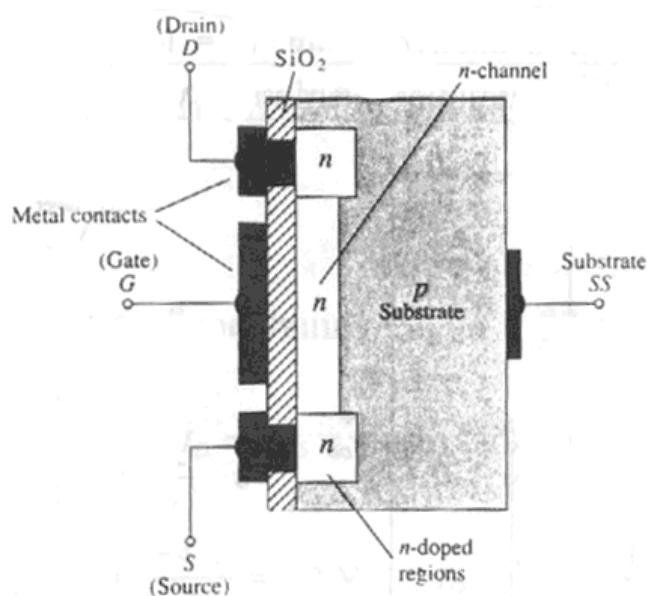
สรุป ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งมีการทำงานคล้ายไดโอด คือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ถ้าต่อแรงดันไฟบวกขั้ว แต่เพิ่มขาเบส (B) ขึ้นมาสำหรับใช้ควบคุมการทำงาน โดยทรานซิสเตอร์ มีการทำงานคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการสั่งเปิดปิดการทำงานได้ โดยการป้อนแรงดัน ที่ขา เบส เพื่อควบคุมการทำงาน หรือการขยายสัญญาณ ทรานซิสเตอร์ ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้าง วิทยุ โทรทัศน์ และงานอุตสาหกรรม ทรานซิสเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการพัฒนาวงการเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก

4. ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (Field-Effect Transistor ; FET)

ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า คือ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้สนามไฟฟ้าในการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารกึ่งตัวนำเพื่อให้เกิดการนำกระแสเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยทั่วไปมักเรียกชื่อย่อว่า "เฟต" เฟตแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบรอยต่อ (Junction Field Effect Transistor) หรือ เจเฟต (JFET) และ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบโลหะ-ออกไซด์-สารกึ่งตัวนำ (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) หรือ มอสเฟต (MOSFET) ในที่นี้จะกล่าวถึง MOSFET เท่านั้น มอสเฟต (MOSFET) มอสเฟตจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดิพลีชัน (Depletion) และ เอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement) แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแซนแนล n และ แบบแซนแนล p มอสเฟตประเภท ดิพลีชันหรือดิมอสเฟต (D-MOSFET) ทั้ง 2 แบบจะทำงานได้ 2 โหมด คือ โหมดดิพลีชัน (Depletion Mode) และ โหมดเอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement Mode) กล่าวคือ ถ้าจ่ายแรงดันลบให้กับดิมอสเฟตแซนแนล n จะทำงานในโหมดดิพลีชัน แต่ถ้าจ่ายแรงดันบวกจะทำงานในโหมดเอนฮานซ์เมนต์ ส่วนดิมอสเฟตแซนแนล p ก็จะทำงานคล้ายกันเมื่อ ได้รับแรงดันที่มีขั้วตรงข้ามกับแบบแซนแนล n มอสเฟตประเภทเอนฮานซ์เมนต์หรือ อิมอสเฟต (E-MOSFET) มีโครงสร้างบางอย่างคล้ายกับมอสเฟตแบบดิพลีชัน แต่จะทำงานได้เฉพาะโหมดเอนฮานซ์เมนต์เท่านั้น (มงคล ทองสงคราม 2541:7)

4.1 ดิมอสเฟต (D-MOSFET) ดิมอสเฟตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1.1 ดิมอสเฟตแบบแซนแนล n ดิมอสเฟตแบบแซนแนล n โครงสร้างของดิมอสเฟตแบบแซนแนล n เป็นดังรูป



ภาพประกอบ 36 โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแซนแนล n

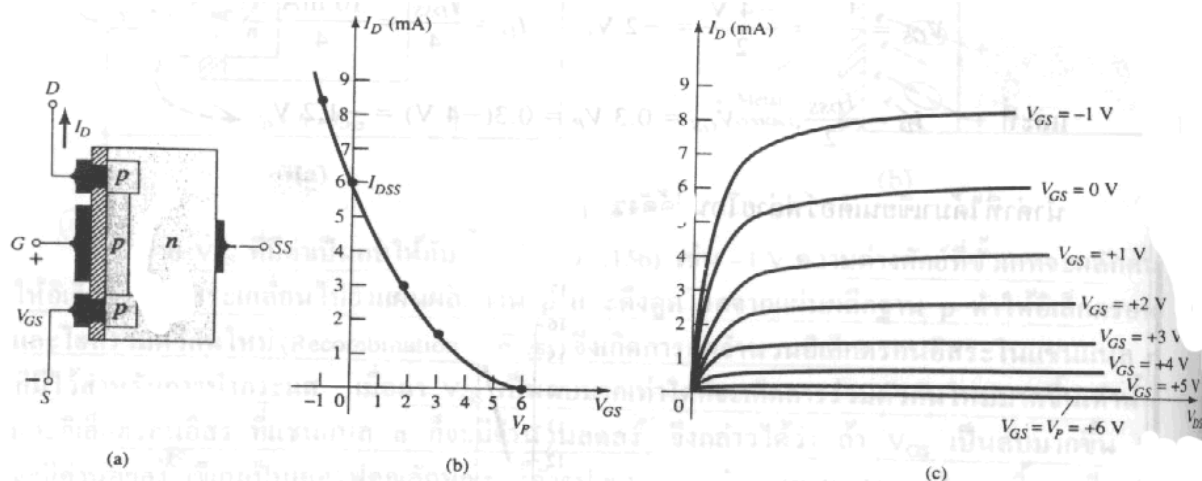
ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 8.

คิมอสเฟตแบบแซนแนล n ประกอบขึ้นจากแผ่นผลึกฐาน p (p-substrate) ที่เป็นสารกึ่งตัวนำทำจากซิลิกอนขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้นหรือโด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ n (n-doped region) ทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมกับแซนแนล n สำหรับขั้ว G จะต่อกับวัสดุฉนวนที่เป็นโลหะโดยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) กันแซนแนล n กับขั้ว G (ซิลิกอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กทริก) เมื่อมีสนามไฟฟ้าจ่ายเข้ามาที่ชั้นของ SiO_2 ก็จะสร้างสนามไฟฟ้าด้านและสร้างชั้นฉนวนขึ้นภายในตัวเองเพื่อกันขั้วเกตกับแซนแนล แสดงว่า ไม่มีการต่อโดยตรงระหว่างขั้ว G กับแซนแนลของมอสเฟต ชั้นที่เป็นฉนวน SiO_2 จะทำให้ Z_i มีค่าสูงตามความต้องการได้ นอกจากนี้บางครั้งจะต่อแผ่นผลึกจากฐานเข้ากับแหล่งจ่ายจึงมีขั้วเพิ่มขึ้นมาเรียกว่า ขั้วผลึกฐาน SS (Substrate : SS) ทำให้มีขั้วเพิ่มเป็น 4 ขั้ว และจากข้างต้น จึงสรุปความหมายของคำว่า MOS ในชื่อมอสเฟต (ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าโลหะออกไซด์สารกึ่งตัวนำ)

ได้ดังนี้ โลหะ (Metal, M) หมายถึง บริเวณสำหรับการต่อขั้ว D, S และ G กับวัสดุฉนวนออกไซด์ (Oxide, O) หมายถึง ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor, S) หมายถึง โครงสร้างพื้นฐานในบริเวณแพร่กระจายของสารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n

4.1.2 คิมอสเฟตแบบแซนแนล p

โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแซนแนล p มีลักษณะตรงข้ามกับรูปของคิมอสเฟตแบบแซนแนล n คือประกอบด้วยแผ่นผลึกฐาน n และแซนแนล p ดังรูป

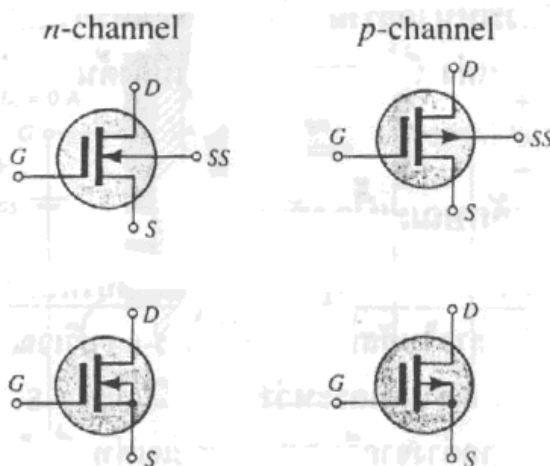


ภาพประกอบ 37 โครงสร้างของคิมอสเฟตแบบแชนแนล p

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 10.

จากการเปรียบเทียบคุณลักษณะของคิมอสเฟตแบบแชนแนล กับคิมอสเฟตแบบแชนแนล p (ตามรูป b และ c) เราพบว่า ทิศทางของกระแสแรงดันต่าง ๆ กลับกันทำให้คุณลักษณะกลับกันด้วย I_D จะเริ่มเพิ่มขึ้นจากจุด Cutoff ที่ $V_{GS} = V_P$ และขณะที่ V_{GS} มีค่าเป็นบวกลดลง I_D จะเพิ่มขึ้นจนถึง I_{GSS} และเพิ่มอย่างต่อเนื่องจนเลขค่า I_{GSS} เมื่อ V_{GS} มีค่าเป็นลบเพิ่มขึ้นยังคงใช้สมการของชอกเลย์ ได้แต่ ควรระวังเครื่องหมาย V_{GS} และ V_P ในสมการให้ถูกต้อง (คือจะต้องมีเครื่องหมายเป็นบวก

4.1.3 สัญลักษณ์ (Symbols) สัญลักษณ์ของคิมอสเฟตแบบแชนแนล n และ p เป็นดังรูป



ภาพประกอบ 38 สัญลักษณ์ของคิมอสเฟตแบบแชนแนล n และ p

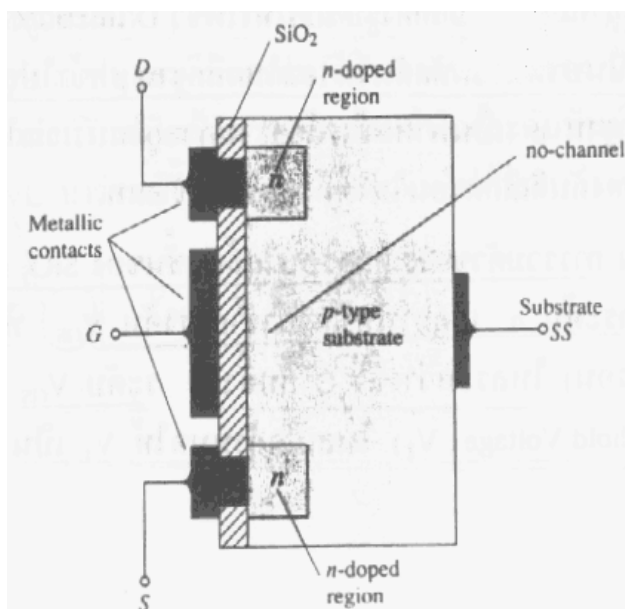
ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 11.

ถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่า สัญลักษณ์สื่อความหมายถึงโครงสร้างแท้จริงของอุปกรณ์ ช่องว่างระหว่างขั้ว G กับขั้ว D (ที่ต่อกับขั้ว S) แสดงว่าไม่มีการต่อกันโดยตรงระหว่างขั้วทั้งสามเนื่องจากมีฉนวนกันที่ขั้ว G ส่วนขั้วผลึกฐาน SS ในมอสเฟต บางครั้งมี บางครั้งไม่มี จึงเขียนสัญลักษณ์ได้ทั้ง 2 แบบ คือ กรณีที่มีขั้ว SS และในกรณีไม่มีขั้ว SS ในการวิเคราะห์ลำดับต่อไปมัก จะไม่มีขั้ว SS ดังนั้น สัญลักษณ์ที่อยู่ข้างล่างจะเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ทั่วไป

4.2 อิมอสเฟต (EMOSFET)

แม้ว่าโครงสร้างและขอบเขตการทำงานของมอสเฟตกับอิมอสเฟตจะมีลักษณะคล้ายกันอยู่บ้าง แต่เคอร์ฟลักษณะของอิมอสเฟตจะแตกต่างออกไปโดยสิ้นเชิง *กล่าวคือไม่สามารถนำสมการของชอคเคย์มาเขียนเคอร์ฟถ่ายโอนของอิมอสเฟตได้* และกระแส I_D ยังไม่เกิดขึ้นจนกระทั่ง V_{GS} มีค่าสูงถึงค่าเฉพาะค่าหนึ่ง

4.2.1 อิมอสเฟตแบบเซนแนล โครงสร้างเบื้องต้นของอิมอสเฟตแบบเซนแนล n เป็นดังรูป



ภาพประกอบ 39 โครงสร้างเบื้องต้นของอิมอสเฟตแบบเซนแนล n

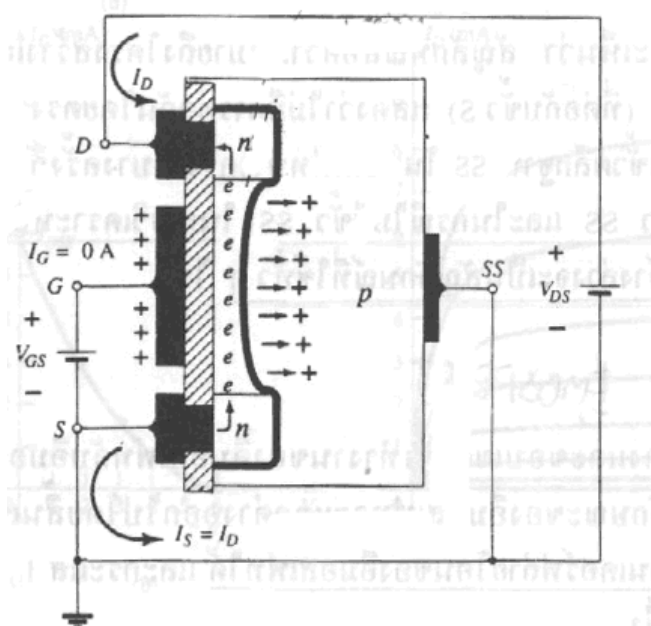
ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 12.

อิมอสเฟตแบบเซนแนล n ประกอบขึ้นจากแผ่นผลึกฐาน p ที่เป็นสารกึ่งตัวนำทำจากซิลิคอน ขั้ว D และขั้ว S ต่อกับ บริเวณที่มีการกระตุ้น n โดยผ่านวัสดุฉนวนที่เป็นโลหะ นอกจากนี้บางครั้งจะต่อแผ่นผลึกฐาน p เข้ากับแหล่งจ่ายจึงมีขั้ว SS เพิ่มขึ้นมากคล้ายกับมอสเฟต ถ้าสังเกตรูป ให้ดีจะเห็นได้ว่าไม่มีเส้นทาง

เชื่อมหรือไม่มีแชนแนล (no-channel) ระหว่างบริเวณที่มีการกระตุ้น n ทั้ง 2 แห่ง นี่คือการแตกต่างเบื้องต้นระหว่างโครงสร้างของอิมอสเฟตและดีมอสเฟต

4.2.1.1 การทำงานและคุณลักษณะเบื้องต้น

กำหนดให้ $V_{GS} = 0V$ และจ่าย V_{DS} ที่มีค่าเป็นบวกให้กับขั้ว S กับขั้ว D โดยขั้ว SS ต่อรวมกับขั้ว S ดังรูป จะเกิดจากไบอัสกลับที่รอยต่อ $p-n$ (บริเวณที่มีการกระตุ้น n กับผลึกฐาน p) [เนื่องจากไม่มีเส้นทางเชื่อมหรือแชนแนลระหว่างขั้ว D และขั้ว S ทำให้เกิดการต้านการไหลของอิเล็กตรอน] กระแส $I_D = 0$ แตกต่างจาก ดีมอสเฟตและเจเฟตซึ่งมี $I_D = I_{DSS}$

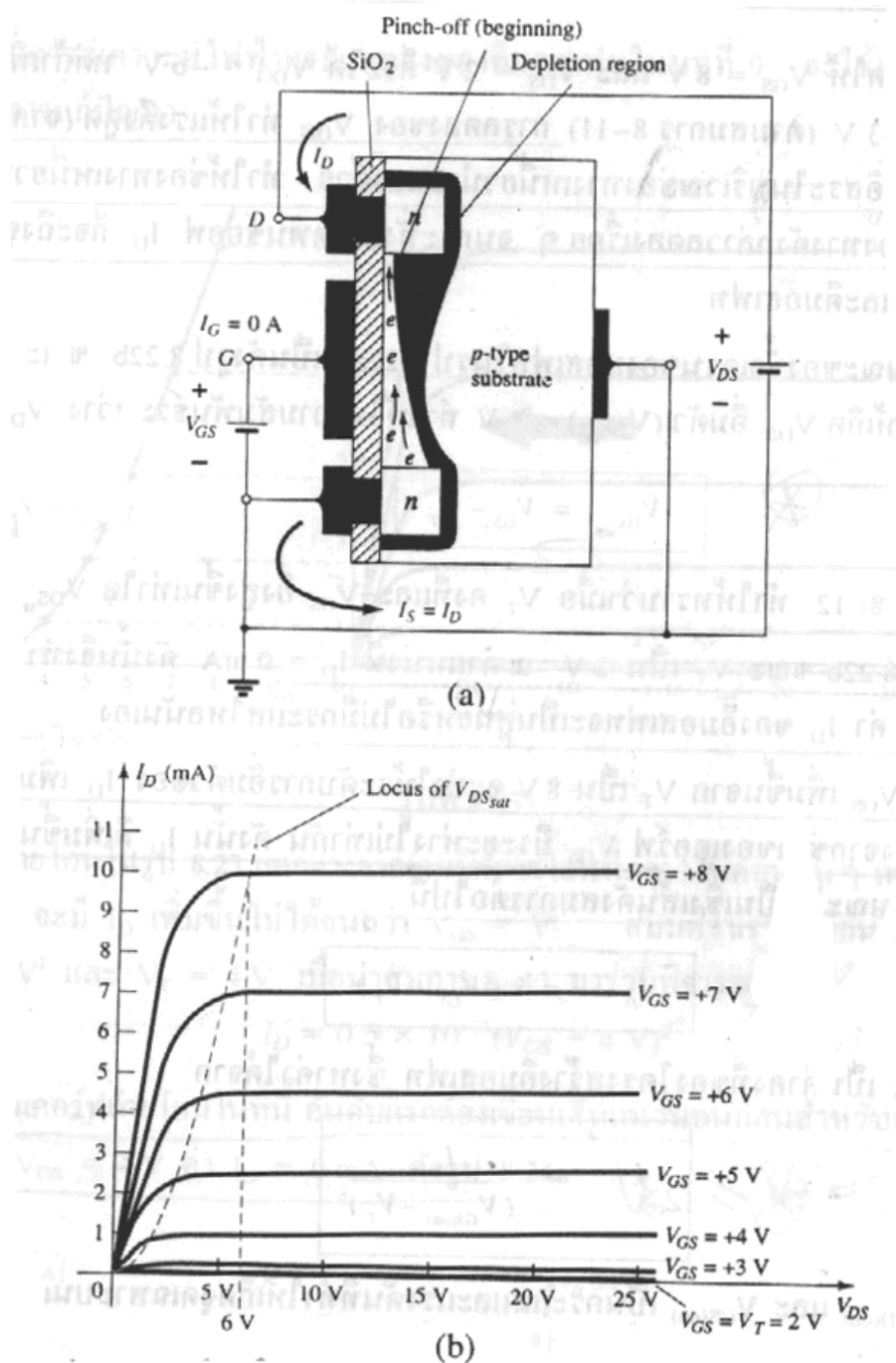


ภาพประกอบ 40 การทำงานและคุณลักษณะเบื้องต้น

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 14.

ถ้าจ่าย V_{DS} และ V_{GS} ที่มีค่าเป็นบวกดังรูป ทำให้ขั้ว D และขั้ว G มีความต่างศักย์เป็นบวกการที่ขั้ว G มีความต่างศักย์เป็น บวกนี้จะผลักดันให้โหนดในผลึกฐาน p เข้าไปสู่บริเวณภายในผลึกฐาน p และดึงดูดอิเล็กตรอนในผลึกฐาน p (เป็น พาหะข้างน้อยรวมตัว อยู่ในบริเวณใกล้กับผิวของ SiO_2) ซึ่งมีคุณลักษณะเป็นฉนวนและป้องกันอิเล็กตรอนไม่ให้ดึงดูดไปยังขั้วเกตขณะที่ V_{GS} เพิ่มขึ้นการรวมตัวของอิเล็กตรอนใกล้กับชั้นของ SiO_2 ก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับขณะเดียวกันบริเวณที่มีการกระตุ้น n เกิดการเหนี่ยวนำจากแรงดัน V_{GS} ทำให้มีอิเล็กตรอนหรือ I_D (มีทิศทางตรงข้ามกับอิเล็กตรอน) ไหลระหว่าง ขั้ว D กับขั้ว S

ระดับ V_{GS} ทำให้ I_D ไหลเราเรียกว่า แรงดันธรสโวลด์ (Threshold Voltage; V_T) ในสเปกกำหนดให้ V_T เป็น $V_{GS(Th)}$



ภาพประกอบ 41 วงจร และกราฟคุณลักษณะ

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 16.

ถ้าเพิ่ม V_{GS} ให้สูงขึ้น I_D ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้า V_{GS} มีค่าคงที่ และ เพิ่มค่า V_{DS} จะทำให้ I_D ถึงจุดอิ่มตัว (เช่นเดียวกับไดโอด) เนื่องจากขั้วบวกของ V_{DS} ดึงคู่อิเล็กตรอน จึงจะทำให้ปลายของช่องทางเหนี่ยวนำบริเวณใกล้ขั้ว D แคบลง ใกล้ระดับพินช์ออฟ [Pinch-Off (Beginning)] ดังรูป (a) เมื่อนำ KVL มารวมพิจารณา จะได้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว D กับขั้ว G (V_{DG}) ดังนี้

$$V_{DG} = V_{DS} - V_{GS} \text{----- สมการที่ 1}$$

ถ้ากำหนดให้ $V_{GS} = 8 \text{ V}$ และ $V_{DS} = 2 \text{ V}$ ก็จะได้ $V_{DG} = -6 \text{ V}$ แต่ถ้าเพิ่ม V_G เป็น 5 V ค่า V_{DG} จะเป็น -3 V (ตาม สมการที่ 1) การลดลงของ V_{DG} ทำให้แรงดึงดูด (จากขั้วบวกของ V_{DS}) ที่มีต่ออิเล็กตรอนอิสระในบริเวณช่องทางเหนี่ยวนำลดลง ด้วย ทำให้ช่องทางเหนี่ยวนำแคบลง ถ้าความกว้างของช่องทางดังกล่าวลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดพินช์ออฟ I_D ก็จะถึงจุดอิ่มตัวดังที่ได้อธิบายในไดโอด คุณลักษณะของขั้วเกรนของมอสเฟตใน รูป (a) เป็นดังรูป (b) ขณะที่ $V_T = 2 \text{ V}$ ที่ $V_{GS} = 8 \text{ V}$ ทำให้เกิด V_{DS} อิ่มตัว (V_{DSsat}) $= 6 \text{ V}$ ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง V_{DSsat} กับ V_{GS} ดังนี้

$$V_{DSsat} = V_{GS} - V_T \text{----- สมการที่ 2}$$

สมการที่ 2 ทำให้ทราบว่า เมื่อ V_T คงที่และ V_{GS} ยิ่งสูงขึ้นเท่าใด V_{DSsat} ก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น ในรูป (b) ขณะที่ V_T เป็น 2 V ณ ตำแหน่งนี้ $I_D = 0 \text{ mA}$ ดังนั้นจึงทำให้ทราบว่า ถ้า V_{GS} มีค่าต่ำกว่า V_T ค่า I_D ของ อิมอสเฟตจะเป็นศูนย์หรือไม่มีกระแสไหลนั่นเอง ถ้าค่า V_{GS} เพิ่มขึ้นจาก V_T เป็น 8 V จะทำให้ระดับการอิ่มตัวของ I_D เพิ่มขึ้นจาก 0 mA เป็น 10 mA แต่เนื่องจากช่วง ของเกิร์ฟ V_{GS} มีระยะห่างไม่เท่ากัน ดังนั้น I_D ที่เพิ่มขึ้น จึงมีความสัมพันธ์กับ V_{GS} ในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นดังสมการต่อไปนี้

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2 \text{----- สมการที่ 3}$$

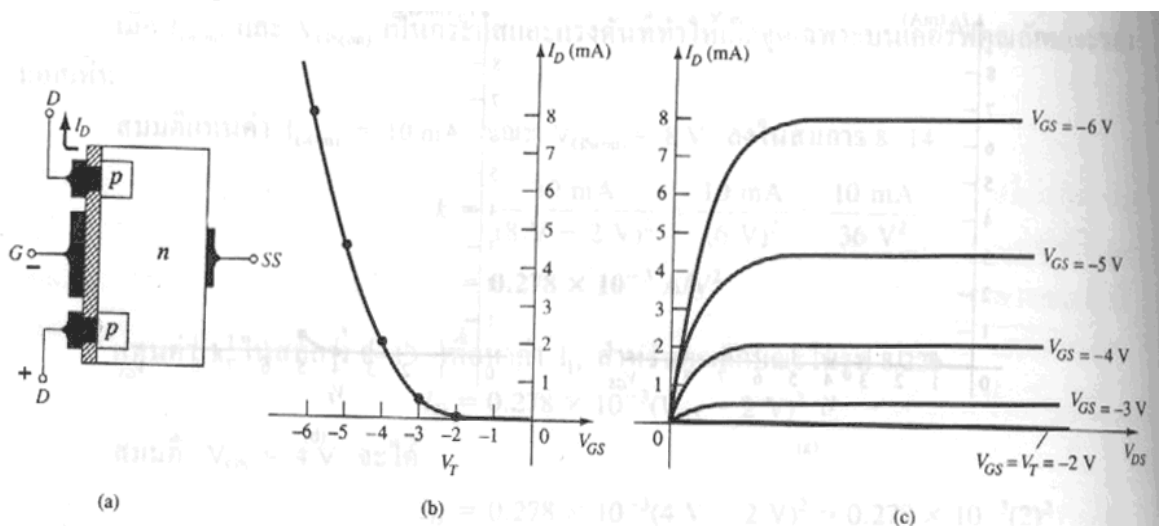
เมื่อ k เป็นค่าคงที่ของโครงสร้างอิมอสเฟต ซึ่งหาค่าได้จาก

$$k = I_{D(on)} / (V_{GS(on)} - V_T)^2 \text{-----สมการที่ 4}$$

เมื่อ $I_{D(on)}$ และ $V_{GS(on)}$ เป็นกระแสและแรงดันที่ทำให้เกิดจุดเฉพาะบนเกิร์ฟคุณลักษณะของมอสเฟต สมมติแทนค่า $I_{D(on)} = 10 \text{ mA}$ ขณะที่ $V_{GS} = 8 \text{ V}$ ลงในสมการที่ 4 จะได้ $k = 0.278 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2$ แทนค่า k ในสมการที่ 3 เพื่อหาค่า I_D สำหรับคุณลักษณะในรูป (b) โดยสมมติ $V_{GS} = 4 \text{ V}$ จะได้

$I_D = 1.11 \text{ mA}$ สำหรับการวิเคราะห์ไฟฟ้ากระแสตรงของอิมอสเฟตจะใช้คุณลักษณะถ่ายโอนต่อไปนี้ในการแก้ปัญหา จะมี I_D เพิ่มขึ้นไม่ได้จนกว่า $V_{GS} = V_T$ สมมติว่าเราจะเขียนเคอร์ฟถ่ายโอนที่มี $k = 0.5 \times 10^{-3} \text{ A/V}^2$ และ $V_T = 4 \text{ V}$ เมื่อนำสมการที่ 3 มารวม พิจารณา จะได้ $I_D = 0.5 \times 10^{-3} (V_{GS} - 4 \text{ V})^2$

4.2.2 อิมอสเฟตแบบแซนแนล p โครงสร้างของอิมอสเฟตแบบแซนแนล p มีลักษณะตรงข้ามกับแบบแซนแนล n

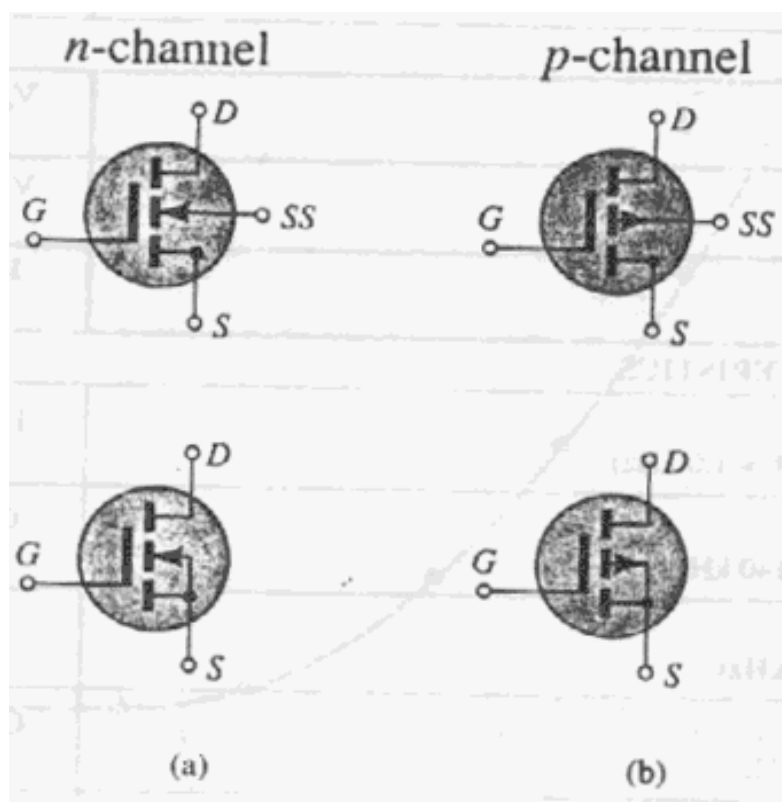


ภาพประกอบ 42 โครงสร้างของอิมอสเฟตแบบแซนแนล p

ที่มา: มงคล ทองสงคราม, (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2, หน้า 19.

กล่าวคือ ขั้ว D และขั้ว S ต่อกับผลึกฐาน n และบริเวณที่มีการกระตุ้น p (p-doped regions) แต่ขั้วของแรงดันและทิศทาง กระแสตรงข้ามกับแบบแซนแนล n นอกจากนี้คุณลักษณะของเคอร์ฟถ่ายโอน ก็จะแสดงค่าที่ด้านตรงข้าม

4.2.2.1 สัญลักษณ์(Symbol) สัญลักษณ์ของอิมอสเฟตแบบแซนแนล p และแซนแนล n เป็นดังรูป



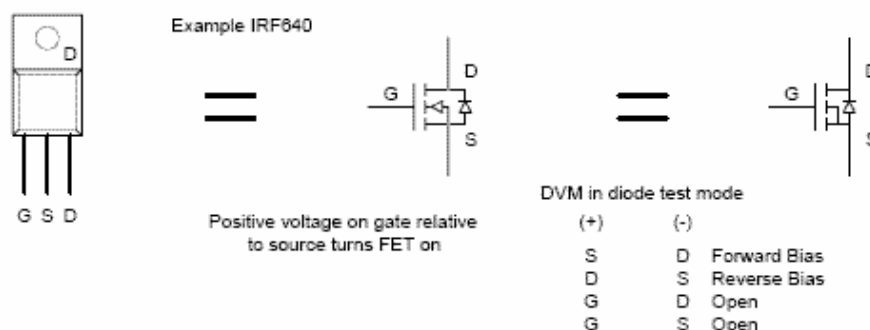
ภาพประกอบ 43 สัญลักษณ์ของอิมอสเฟตแบบแซนแนล p และแซนแนล n

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2. หน้า 20.

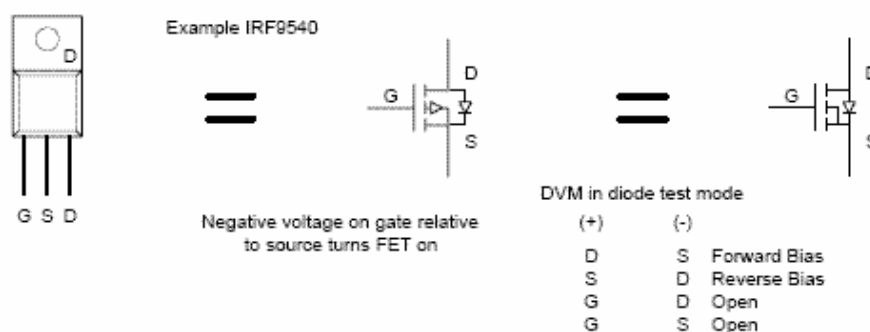
จะเห็นได้ว่าสัญลักษณ์แสดงโครงสร้างแท้จริงของอุปกรณ์เส้นประเชื่อมระหว่างขั้ว D กับ ขั้ว S แสดงว่าไม่มี แซนแนลระหว่างขั้วทั้งสอง (ขณะไม่ได้รับการไบอัส) ซึ่งเป็นความแตกต่างประการเดียวระหว่างสัญลักษณ์ของดีมอสเฟตกับอิมอสเฟต

4.3 การวัดและทดสอบ เฟต (FET) ในการตรวจสอบเฟตนั้นคล้ายกับการตรวจสอบทรานซิสเตอร์ แต่จะมีขั้นตอนในการทดสอบมากกว่า การทดสอบชนิดและขาทำได้ตามขั้นตอนดังรูป

N CHANNEL FET



P CHANNEL FET



ภาพประกอบ 44 การตรวจสอบหาขา และชนิดของ เฟต(FET)

ที่มา: มงคล ทองสงคราม. (2541) อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น2. หน้า 22.

สรุป ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า คือ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้สนามไฟฟ้าในการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารกึ่งตัวนำเพื่อให้เกิดการนำกระแสเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยทั่วไปมักเรียกชื่อย่อว่า "เฟต" เฟตแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบรอยต่อ (Juntino Field Effect Transistor) หรือ เจเฟต (JFET) และ ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าแบบโลหะ-ออกไซด์-สารกึ่งตัวนำ (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) หรือ มอสเฟต (MOSFET) เฟตได้มีการพัฒนามาจากทรานซิสเตอร์ เฟตถูกนำมาใช้ในงาน วิทยุ โทรทัศน์ และอุตสาหกรรม ข้อแตกต่างระหว่างเฟตกับทรานซิสเตอร์นั้นคือ เฟตจะใช้แรงดันในการควบคุมการทำงาน ส่วนทรานซิสเตอร์จะใช้กระแสในการควบคุมการทำงาน

5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

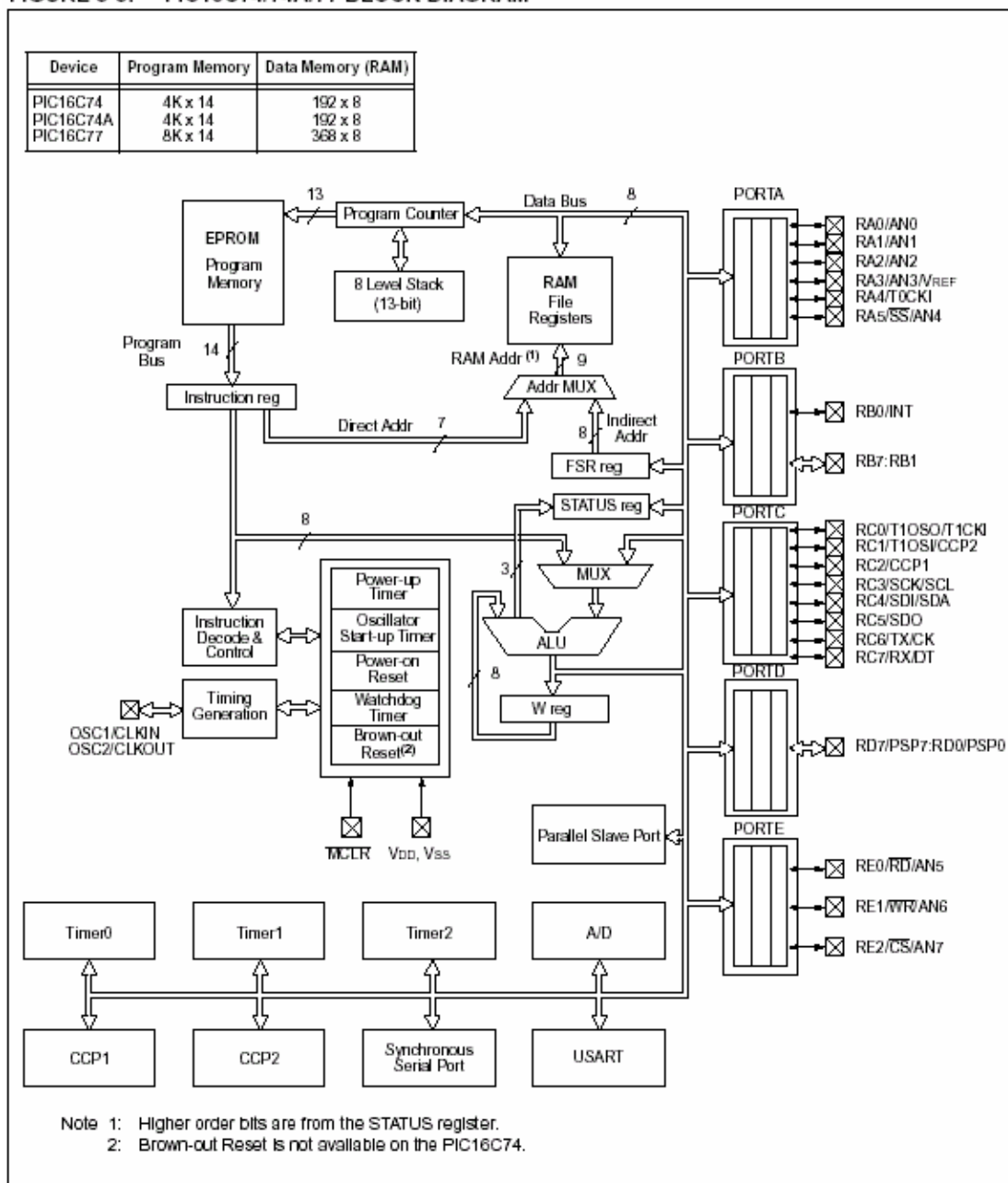
ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิปจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิปเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้งานวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น ชิปไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็กกระชับที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิปไมโครโพรเซสเซอร์ วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกันซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16C7X

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16C7X เป็นชิปที่ใช้เทคโนโลยี CMOS ซึ่งมีราคาถูกแต่ให้ performance สูง และได้มีการรวมเอาอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลไว้ในภายใน ชิป PIC16C7X เป็นสถาปัตยกรรมแบบ RISC โดยมีชุดคำสั่งเพียง 35 single word/single cycle คำสั่งทั้งหมดเป็นไบต์เดียว (200 นาโนวินาที) ยกเว้นคำสั่งที่ใช้ในการ กระโดดข้ามโปรแกรมจะใช้ 2 ไบต์ ผลผลิตทันทีที่ใช้ชิป PIC16C74A จะมีคุณลักษณะพิเศษคือ ช่วยลดต้นทุนของระบบและประหยัดไฟเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะอย่างมากมายเช่น สามารถทำการติดต่อแบบอนุกรมทั้งแบบ Synchronous และ แบบ Asynchronous (USART) รวมทั้งอุปกรณ์ในการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 8 bit (ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2540:4)

5.1.1 ลักษณะโครงสร้างภายในของตัว microcontroller PIC16C74A

FIGURE 3-3: PIC16C74/74A/77 BLOCK DIAGRAM



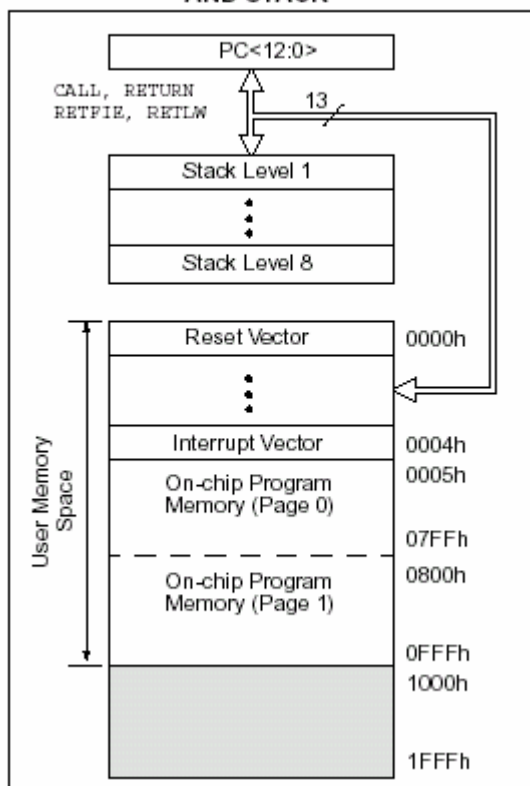
ภาพประกอบ 45 ลักษณะโครงสร้างภายในของตัว microcontroller PIC16C74A
 ที่มา: ชีรวัดน์ ประกอบผล. (2541) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. หน้า 7.

5.2 การจัดการกับหน่วยความจำ

การจัดการกับหน่วยความจำส่วนโปรแกรม (Program Memory Organization)

ในตัว PIC 16C7X เป็นตระกูลที่มี Program counter 13 bit ซึ่งภายในตัว PIC 16C74A นั้นจะมีหน่วยความจำของตัวโปรแกรม 4K x 14 ซึ่งจะมีลักษณะการจัดวางตำแหน่งดังภาพ

**FIGURE 4-2: PIC16C73/73A/74/74A
PROGRAM MEMORY MAP
AND STACK**



**FIGURE 4-5: PIC16C73/73A/74/74A
REGISTER FILE MAP**

File Address		File Address
00h	INDF ⁽¹⁾	80h
01h	TMR0	81h
02h	PCL	82h
03h	STATUS	83h
04h	FSR	84h
05h	PORTA	85h
06h	PORTB	86h
07h	PORTC	87h
08h	PORTD ⁽²⁾	88h
09h	PORTE ⁽²⁾	89h
0Ah	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	8Bh
0Ch	PIR1	8Ch
0Dh	PIR2	8Dh
0Eh	TMR1L	8Eh
0Fh	TMR1H	8Fh
10h	T1CON	90h
11h	TMR2	91h
12h	T2CON	92h
13h	SSPBUF	93h
14h	SSPCON	94h
15h	CCPR1L	95h
16h	CCPR1H	96h
17h	CCP1CON	97h
18h	RCSTA	98h
19h	TXREG	99h
1Ah	RCREG	9Ah
1Bh	CCPR2L	9Bh
1Ch	CCPR2H	9Ch
1Dh	CCP2CON	9Dh
1Eh	ADRES	9Eh
1Fh	ADCON0	9Fh
20h		A0h
General Purpose Register		
7Fh		FFh
Bank 0		Bank 1

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 Note 1: Not a physical register.
 Note 2: These registers are not physically implemented on the PIC16C73/73A, read as '0'.

ภาพประกอบ 46 การจัดการกับหน่วยความจำส่วนโปรแกรม

ที่มา: ชีววัฒน์ ประกอบผล. (2541) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. หน้า 9.

5.2.1 การจัดการกับข้อมูลในหน่วยความจำ

พื้นที่ที่ทำการจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ซึ่งจะต้องทำการเลือกโดยการกำหนดที่รีจิสเตอร์ STATUS ที่ตำแหน่ง bit 6:5 ซึ่งจะสามารถกำหนดได้ดังนี้ RP1: RP0 (STATUS<6:5>) = 00 Bank0 = 01 Bank1 ซึ่งในแต่ละส่วนนั้นสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 128 bytes

TABLE 4-2: PIC16C73/73A/74/74A SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)
Bank 0											
00h ⁽⁴⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000
01h	TMR0	Timer0 module's register								XXXX XXXX	nnnn nnnn
02h ⁽⁴⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000
03h ⁽⁴⁾	STATUS	IRP ⁽⁷⁾	RP1 ⁽⁷⁾	RP0	T0	P0	Z	DC	C	0001 1xxx	0001 qnnn
04h ⁽⁴⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								XXXX XXXX	nnnn nnnn
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	--0n 0000
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								XXXX XXXX	nnnn nnnn
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read								XXXX XXXX	nnnn nnnn
08h ⁽⁵⁾	PORTD	PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read								XXXX XXXX	nnnn nnnn
09h ⁽⁵⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -nnn
0Ah ^(1,4)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	---0 0000
0Bh ⁽⁴⁾	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBF	0000 000x	0000 000n
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽³⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
0Dh	PIR2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IF	---- --0	---- --0
0Eh	TMR1L	Holding register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 register								XXXX XXXX	nnnn nnnn
0Fh	TMR1H	Holding register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 register								XXXX XXXX	nnnn nnnn
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--nn nnnn
11h	TMR2	Timer2 module's register								0000 0000	0000 0000
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								XXXX XXXX	nnnn nnnn
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	0000 0000
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register1 (LSB)								XXXX XXXX	nnnn nnnn
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register1 (MSB)								XXXX XXXX	nnnn nnnn
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	--00 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	CERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
19h	TXREG	USART Transmit Data Register								0000 0000	0000 0000
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register								0000 0000	0000 0000
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register2 (LSB)								XXXX XXXX	nnnn nnnn
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register2 (MSB)								XXXX XXXX	nnnn nnnn
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	--00 0000
1Eh	ADRES	A/D Result Register								XXXX XXXX	nnnn nnnn
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	0000 00-0

ภาพประกอบ 47 การจัดการกับข้อมูลในหน่วยความจำ

ที่มา: ชีววัฒน์ ประกอบผล. (2541) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. หน้า 11.

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets (2)	
Bank 1												
80H ⁽⁴⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	0000 0000	
81h	OPTION	RBP0	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111	
82H ⁽⁴⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	0000 0000	
83H ⁽⁴⁾	STATUS	IRP ⁽⁷⁾	RP1 ⁽⁷⁾	RP0	T0	PD	Z	DC	C	0001 1xxx	000q quuu	
84H ⁽⁴⁾	FSR	Indirect data memory address pointer								xxxx xxxx	uuuu uuuu	
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111	
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111	
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111	
88H ⁽⁵⁾	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	1111 1111	
89H ⁽⁵⁾	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111	
8AH ^(1,4)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						---0 0000	---0 0000
8BH ⁽⁴⁾	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u	
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽³⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000	
8Dh	PIE2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IE	---- -000	---- -000	
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	POR	BOR ⁽⁶⁾	---- -00q	---- -00u	
8Fh	—	Unimplemented								—	—	
90h	—	Unimplemented								—	—	
91h	—	Unimplemented								—	—	
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	1111 1111	
93h	SSPADD	Synchronous Serial Port (I ² C mode) Address Register								0000 0000	0000 0000	
94h	SSPSTAT	—	—	D/A	P	S	R/W	UA	BF	--00 0000	--00 0000	
95h	—	Unimplemented								—	—	
96h	—	Unimplemented								—	—	
97h	—	Unimplemented								—	—	
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010	
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000	
9Ah	—	Unimplemented								—	—	
9Bh	—	Unimplemented								—	—	
9Ch	—	Unimplemented								—	—	
9Dh	—	Unimplemented								—	—	
9Eh	—	Unimplemented								—	—	
9Fh	ADCON1	—	—	—	—	—	PCFG2	PCFG1	PCFG0	---- -000	---- -000	

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented read as '0'.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.

2: Other (non power-up) resets include external reset through MCLR and Watchdog Timer Reset.

3: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the PIC16C73/73A, always maintain these bits clear.

4: These registers can be addressed from either bank.

5: PORTD and PORTE are not physically implemented on the PIC16C73/73A, read as '0'.

6: Brown-out Reset is not implemented on the PIC16C73 or the PIC16C74, read as '0'.

7: The IRP and RP1 bits are reserved on the PIC16C73/73A/74/74A, always maintain these bits clear.

ภาพประกอบ 48 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายใน

ที่มา: ชีววัฒน์ ประกอบผล. (2541) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. หน้า 13.

5.3 พอร์ตอินพุต / เอาท์พุต

ในบางขาของพอร์ตอนินพุต / เอาต์พุตนี้จะถูก Multiplex ซึ่งจะทำให้สามารถใช้งานได้หลายอย่าง ตามความสามารถของอุปกรณ์ เช่น เมื่อทำการตั้งให้ Port A ทำงานเป็นตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ขาอินพุต / เอาต์พุต ของ Port A ก็จะทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ Analog แทน Port A และรีจิสเตอร์ TRISA Port A มีทั้งหมด 6 bit โดยที่สามารถทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูล โดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISA ว่าจะให้ทำหน้าที่ในการส่งหรือรับข้อมูล โดยที่ขา RA4 นั้นจะถูก Multiplex กับ clock ของ Timer0 ส่วนขาอื่นนั้นจะถูก Multiplex กับการรับสัญญาณอนาลอก และแรงดันอ้างอิง

FIGURE 5-1: BLOCK DIAGRAM OF RA3:RA0 AND RA5 PINS

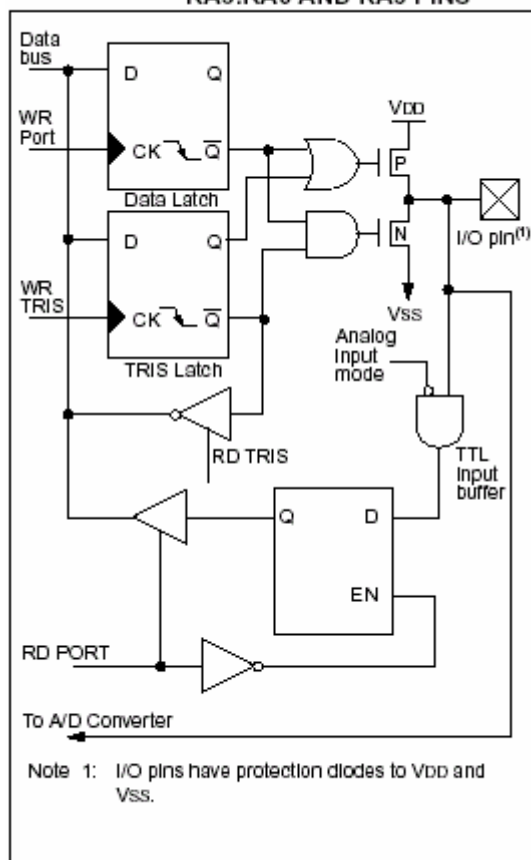
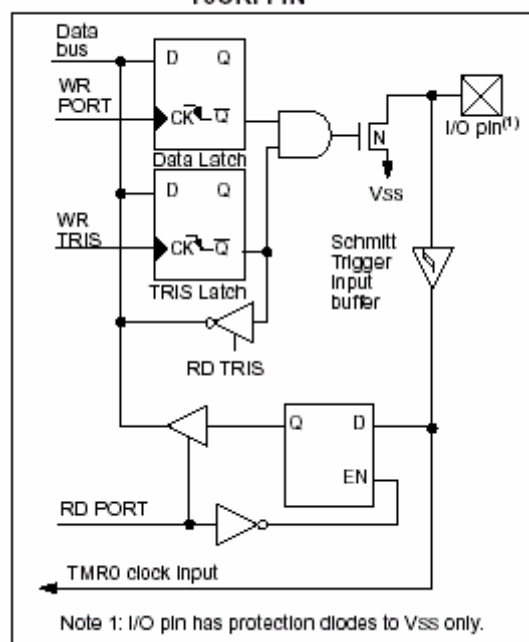


FIGURE 5-2: BLOCK DIAGRAM OF RA4/T0CKI PIN



ภาพประกอบ 49 พอร์ตอินพุต / เอาต์พุต

ที่มา: ชีรวัดน์ ประกอบผล. (2541) การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. หน้า 15.

Port B มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อกับ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISB เมื่ออยู่ในลักษณะการรับข้อมูลขาขาจะมีความอิมพีแดนซ์สูง โดยที่ขา RB7-RB4 สามารถทำหน้าที่ในการ interrupt การทำงานได้

Port C มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อกับ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISC และ Port C ยังมีความสามารถในการทำงานอีกหลายอย่าง เช่น เป็นขาที่ใช้ในการรับสัญญาณ Clock ของ Timer1, ตัวเปรียบเทียบค่าแรงดัน, ทำการส่ง-รับ

ภาพประกอบที่ 45 ข้อมูลแบบอนุกรม Port D มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อกับ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISD และ Port D ยังมีความสามารถในการทำงานเพื่อสามารถขยายความสามารถให้สามารถเชื่อมต่อกับ Microprocessor ก็ทำงานในลักษณะ parallel slave port ซึ่งทำงานร่วมกับ Port E

Port E มีทั้งหมด 3 bit สามารถติดต่อกับ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISE และ Port E ยังมีความสามารถในการทำงานเป็นขา Control เพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และยังสามารถรับข้อมูลอนาล็อก

5.4 การจัดการกับการอินพุตและเอาต์พุต

วงจรสำหรับบิตหนึ่งของพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต สามารถกำหนดได้ว่าพอร์ตไหนจะเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตสัญญาณจะไม่ถูกแลตช์เอาไว้ การป้อนสัญญาณอินพุตต้องคงค่าจนกระทั่งทำการอ่านโดยคำสั่งอินพุต จนครบ (เช่น MOVF PORTB, W) แต่สำหรับการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตนั้นข้อมูลจะถูกแลตช์เอาไว้ และจะไม่มีค่าจนกว่าจะมีการเขียนข้อมูลใหม่ส่งมาอีกครั้ง การกำหนดพอร์ต ในตำแหน่งขาต่างๆ ให้เป็นเอาต์พุตจะต้องสั่งให้บิต ควบคุมทิศทาง (TRISA, TRISB, TRISC, TRISD, TRISE) มีค่าเป็น "0" แต่ถ้าต้องการให้เป็นขาอินพุตจะต้องกำหนดบิต ควบคุมให้มีค่าเป็น "1" การทำงานในโหมด Parallel Slave Port ของ Port D และ Port E การที่ Port D จะทำหน้าที่เป็น 8-bit Parallel Slave Port นั้น จะต้องมีการกำหนดค่าที่ control bit ของ รีจิสเตอร์ TRISE ที่ตำแหน่งบิตที่ 4 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งสามารถทำไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการอ่านและเขียนกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยผ่านขา RD และ ขา WR โดยผ่านขา RE0 และ RE1 ตามลำดับ และยังมีขาช่วยอีกขาชื่อ CS ซึ่งจะอยู่ตรงขา RE2การทำงานในลักษณะนี้จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ 8-bit ทางด้าน Data bus ได้โดยตรง

5.5 รีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

การกำหนดลักษณะการทำงานจะต้องเป็นการป้อนค่าเข้าไปเก็บไว้ที่แต่ละตำแหน่งของ รีจิสเตอร์กำหนดทิศทาง (เช่น รีจิสเตอร์ TRISA) โดยค่า "1" ที่ใส่ในรีจิสเตอร์ควบคุมจะทำให้ขาอินพุต/เอาต์พุต อยู่ในสถานะความต้านทานสูงทำหน้าที่เป็นขา อินพุต และค่า "0" ที่ใส่ในรีจิสเตอร์ควบคุมจะทำให้ขาอินพุต/เอาต์พุตที่ถูกเลือกของพอร์ตนั้นมีสถานะเป็นขาเอาต์พุต

สรุป ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิปจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิปเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิปเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องวางจรวดภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

6. วงจรและหลักการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลโตโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรหลักในการออกแบบเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลโตโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและศึกษาคุณสมบัติ และหลักการทำงานของวงจรที่เกี่ยวข้องไว้ได้แก่ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลโตโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

6.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแรงดันคงที่ 5 โวลต์

ทนกระแสสูงสุด 500 มิลลิแอมป์แปร์ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรเมื่อเราต้องการกระแสขาออกสูงสุด 500 มิลลิแอมป์แปร์ โดยทั่วไปจะเผื่อไว้เป็น 1.5 เท่าของกระแสที่ต้องการสูงสุด ซึ่งจะได้กระแสออกมาสูงสุดเท่ากับ $500 \times 1.5 = 750$ มิลลิแอมป์แปร์ ส่วนแรงดันได้โดยกำหนดให้มีความมากกว่าแรงดันขาออกสูงสุด ซึ่งวงจรนี้ $V_{DC(max)} = 5$ โวลต์ เพราะฉะนั้นเลือก $V_{DC} \cong 9$ โวลต์ ซึ่งหาค่า V_{AC} ได้โดยใช้สูตร

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

$$V_{AC} = \frac{9}{\sqrt{2}}$$

$$V_{AC} = 6.364 \text{ โวลต์ เลือกใช้ } 9 \text{ โวลต์}$$

ภาคแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง และภาคกรองแรงดันประกอบด้วย ไดโอด การเลือกไดโอดมีข้อพิจารณา 2 อย่างคือการเลือกขนาดกระแสไฟฟ้า และการเลือกขนาดแรงดันไฟฟ้าโดยขนาดของกระแสไฟฟ้าจะเลือก $I_d > I_{TRANS}$ (I_d คือค่ากระแส ของไดโอดที่เลือกใช้ I_{TRANS} คือค่ากระแสที่หม้อแปลงจ่ายแรงดัน) ส่วนการเลือกขนาดของแรงดัน จะเลือกประมาณ 2 เท่า ของแรงดันสูงสุดที่หม้อแปลงจ่ายออก (สมคิด วิริยะประสิทธิ์ และ สมบูรณ์ มาลานนท์. 25385 : 66) เพราะฉะนั้น วงจรนี้เลือกไดโอดดังนี้ วงจร Full-wave ใช้ไดโอดขนาด 1 แอมป์แปร์ 400 โวลท์ เบอร์ 1N4001 ตัวเก็บประจุ การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ มีข้อพิจารณา 2 อย่าง คือ ค่าตัวเก็บประจุ และค่าแรงดันของตัวเก็บประจุ ค่าตัวเก็บประจุหาได้จากสูตร

$$C = \frac{2.9I_{AC}}{V_{r(rms)}}$$

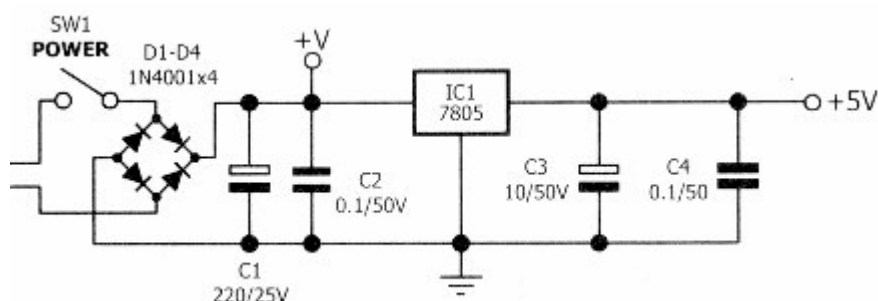
เพราะฉะนั้น

$$C = \frac{2.9 \times 0.5}{1}$$

$$C = 1.45 \text{ ฟารัด}$$

$$C = 1450 \text{ ไมโครฟารัด}$$

เลือกใช้ ตัวเก็บประจุค่า = 2200 ไมโครฟารัด 25V

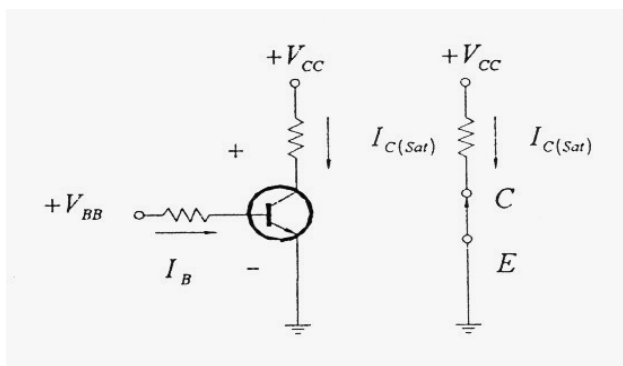


ภาพประกอบ 50 ภาพ วงจรจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์

ที่มา: เจน สงสมพันธ์. (2531) เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เล่ม1. หน้า 127.

6.2 วงจรการตรวจสอบการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)

ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) จะใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบวงจรจากสูตรดังนี้จากสูตรการหาค่าเกณฑ์ของทรานซิสเตอร์ พารามิเตอร์ที่เราต้องการทราบค่าก่อนที่จะหาค่าเกณฑ์ของทรานซิสเตอร์ได้ คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่จุด V_E และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่จุด V_B

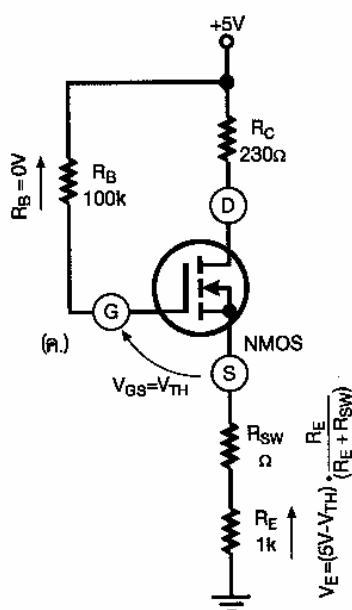


ภาพประกอบ 51 วงจรการตรวจสอบการทำงานของทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)

ที่มา: เจน สงสมพันธ์. (2531) เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เล่ม1. หน้า 135.

6.3 วงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟต (FET)

ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการวัดหาค่า พารามิเตอร์ต่างๆ จาก เฟต (FET) จะใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบวงจรดังรูป

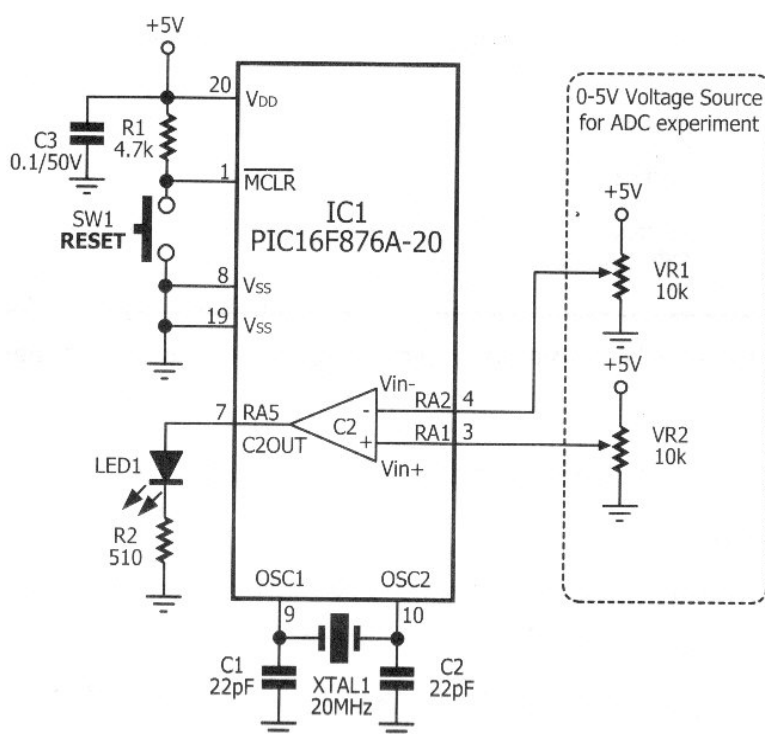


ภาพประกอบ52 วงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟต

ที่มา: เจน สงสมพันธ์. (2531) เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เล่ม1. หน้า 139.

6.4 วงจรอนาลอกเป็นดิจิทัล

การออกแบบวงจรอนาลอกเป็นดิจิทัล ในการใช้งาน โมดูลแปลงสัญญาณ วงจรอนาลอกเป็นดิจิทัล ต้องเลือกค่าแรงดันอ้างอิงให้ถูกต้องและเหมาะสม เมื่อสั่งให้โมดูลแปลงสัญญาณอนาลอกแปลงเป็นดิจิทัลทำงาน บิต GO/DONE ที่ใช้แสดงสถานการณ์ทำงานจะเซต ถ้าหากมีการเคลียร์บิตนี้เกิดขึ้นในขณะที่การแปลงสัญญาณยังดำเนินอยู่ การแปลงสัญญาณจะถูกหยุดลงทันทีแต่ข้อมูลของการแปลงสัญญาณที่ไม่สมบูรณ์จะไม่ได้รับการนำไปใช้งาน นั่นคือถ้าแปลงไม่สมบูรณ์ค่าในรีจิสเตอร์ ADRESH และ ADRESL จะยังเป็นค่าเดิมก่อนหน้านี ซึ่งวงจรการทำงานแสดงได้ดังรูป



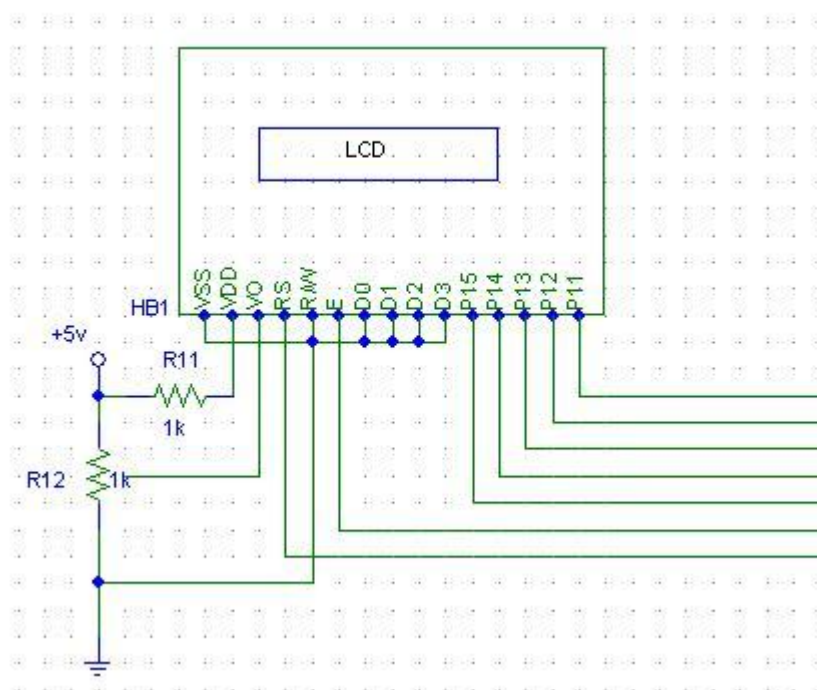
ภาพประกอบ 53 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

ที่มา: ญัฐพล วงศ์สุนทรชัย. (2548) *เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์*. หน้า 135.

6.5 ชุดวงจรการแสดงผลโดยใช้จอแอล ซี ดี

การออกแบบวงจรที่ใช้ในการแสดงผลนั้นจะใช้พอร์ทของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งสัญญาณข้อมูลออกผ่าน วงจรถอดรหัสแล้วผ่านวงจรไครฟ์เพื่อไปขับจอ แอล ซี ดี เพื่อให้อจอ แอล ซี ดี แสดงผลออกมาในรูปตัวอักษร หรือตัวเลข โดยคอนโทรลเลอร์ที่นิยมนำมาใช้ขับจอ แอล ซี ดี คือเบอร์ HD44780 ในตัวของมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4 บิต หรือ 8 บิตก็ได้ โดยถ้าต่อใช้งานแบบ 4 บิต จะ

ต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้น โดยข้อมูลแรกที่ส่งนั้นตัวคอนโทรลเลอร์จะถือว่าเป็นข้อมูล 4 บิต บน และข้อมูลที่ส่งต่อมาเป็นข้อมูล 4 บิต ล่างในการขับ แอล ซี ดี ให้แสดงตัวเลขนี้แทบจะไม่ต้องใช้กระแสเลย ใช้แต่เพียงแรงดันเท่านั้นทำให้ แอล ซี ดี กินไฟน้อยมาก ประมาณ 1-5 ไมโครวัตต์ ต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรเท่านั้น ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ แอล ซี ดี โมดูลแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดและต่อใช้งานแบบ 8 บิต วงจรการต่อ แอล ซี ดี แสดงๆได้ดังรูป



ภาพประกอบ 54 วงจรแสดงผลด้วยจอ แอล ซี ดี

7. ประสิทธิภาพ และสมรรถนะ

ประสิทธิภาพและสมรรถนะตามพจนานุกรมไทย ฉบับปรับปรุงใหม่ พิมพ์ครั้งที่ 15 พ.ศ. 2538 ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ ประสิทธิภาพ (ประ-สิด-ทิ-พาบ) หมายถึง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงานให้สำเร็จ สมรรถนะ (สะ-มัด-ละ-นะ) หมายถึง กำลังความสามารถ ความเชี่ยวชาญ

ณัชพล ฉลุตทอง (2546: 80-82) ได้ทำการวิจัยการออกแบบวงจรสำหรับเตารับปลอดภัยและการประเมินสมรรถนะของเตารับปลอดภัย ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ใน 2 ด้าน คือ ด้านวงจรไฟฟ้าและด้านการใช้งาน ผลปรากฏว่าด้านวงจรไฟฟ้าในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.84 และด้านการใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60

ประสงค์ สืบชาติ (2545: 82-83) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า และประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ใน 5 ด้าน คือ ด้านวิศวกรรม มีความเหมาะสมดีมาก ด้านความปลอดภัย มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง ด้านกายภาพ มีความเหมาะสมในระดับดี ด้านการใช้งาน มีความเหมาะสมในระดับดี ด้านการบำรุงรักษา มีความเหมาะสมในระดับดี

พิรเชษฐ์ ศรีชัย (2546: 62-65) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องตรวจสอบความสั้นสะเทือนของเครื่องจักร และทำการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบความสั้นสะเทือนของเครื่องจักร ใช้การประเมินสมรรถนะของเครื่องโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ใน 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา พบว่าด้านกายภาพ โดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.12 ด้านการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.36 และด้านการบำรุงรักษา โดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.36

ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึงการทดสอบ 5 ด้าน คือ ทดสอบวัดหาชนิดทรานซิสเตอร์ ทดสอบวัดหาชนิดเฟท ทดสอบวัดหาขาไดโอด ทดสอบวัดหาขาทรานซิสเตอร์ และทดสอบวัดหาเฟท โดยผลการทดสอบที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องตรวจสอบ ไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีค่าการแสดงผลที่ถูกต้องตรงตามข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต

สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถหาได้จากการทดลองนำไปใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านแล้วทำการประเมินจากสภาพการใช้งานจริงของเครื่องโดยประเมินจากหัวข้อต่อไปนี้

1. ด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการประเมินสมรรถนะในเรื่องของความแข็งแรงของโครงสร้าง รูปทรงที่เหมาะสมกับการใช้งาน โทนสีของเครื่องตรวจสอบ ความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ ความสะดวกในการใช้งาน และความเหมาะสมในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้าง

2. ด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประเมินสมรรถนะในเรื่องขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก การเคลื่อนย้ายเครื่องทำได้สะดวก การถอดและประกอบเครื่อง การติดตั้งเครื่อง และด้านความปลอดภัย

3. ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประเมินสมรรถนะในเรื่อง การเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ การตรวจสอบแก้ไข การแยกส่วนประกอบต่างๆ การสร้างที่ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาประหยัด ความสะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่องตรวจสอบ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

พิพัฒน์ พูลเกษม (2544:บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ในส่วนของการเขียนโปรแกรมคือนำข้อมูลที่อยู่ในรูปอินเทลเฮกไฟล์ (Intel Hex File) ที่ได้จากการแอสเซมบลีของ ภาษาแอสเซมบลีนำมาทำการจัดรูปแบบ เพื่อจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งผ่านพอร์ตอนุกรม RS 232 ได้จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลเข้าสู่เครื่องโปรแกรมไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เครื่องโปรแกรมได้ทำการออกแบบโดยใช้ไอซี AT89C51 อีกตัวเป็นตัวจัดการอัลกอริทึมรวมทั้งการรับและการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรมไอซีโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ฟิวลเบสสิก6ในการเขียนแล้วจึงนำไอซีที่ผ่านโปรแกรมแล้วไปควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วิฑูรย์ อัมสมุท (2539:บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่อง ระบบวัดความสั่นเปลี่ยงของพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัย หลักการวัดทางไฟฟ้าและเครื่องพีซี โดยใช้ชุดวงจรวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าสลับทำหน้าที่วัดและปรับขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมเพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล และข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจะถูกควบคุมผ่านชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 80C31 เพื่อไปแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลและสามารถแสดงผลออกทางจอภาพ

วิทยา ภู่อันติสัมพันธ์ (2540:57-62) ได้นำเสนอเครื่องตรวจสอบทรานซิสเตอร์ซึ่งสามารถวัดอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN, PNP มีช่วงการวัดแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ 0-100, 0-500, 0-1000 สามารถหาค่ากระแสรั่วไหลของทรานซิสเตอร์ และไดโอดได้

ไกรวุฒิ ไรจน์ประเสริฐสุด (2538:22-29) นำเสนอโครงการเกี่ยวกับเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติทรานซิสเตอร์ โดยแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์บุคคล ความสามารถของเครื่องประกอบด้วย การแสดงผลกราฟคุณลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ได้ ทั้งชนิด NPN, PNP บนจอคอมพิวเตอร์ และสามารถเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงโดยใช้โปรแกรม TR TEST.EXE รับบนเครื่องคอมพิวเตอร์

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เคนออฟ, เอน แอนดิว (Knopf, Ian Andrew. 2000: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดจำนวนก้าวที่เดิน โดยเครื่องนับก้าวนี้สามารถวัดและคำนวณจำนวนก้าวที่เดินไปออกมาเป็นระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 68HC11 ของบริษัท โมโตโรล่า ในการประมวลผล และสามารถแสดงผลออกทางจอภาพ แอลซีดีได้

สรุป จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการวิจัย และพัฒนา เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล โดย ความมุ่งหมายของการวิจัยนั้นเพื่อพัฒนา เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้สามารถตรวจสอบหา ชนิด ขา ของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดย แสดงผลออกเป็นข้อความผ่านจอ แอล ซี ดี โดยทำการหาประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก คาต้า บุค ของบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ ในส่วนของสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ผู้วิจัยจะทำการศึกษาใน 3 ด้าน ได้แก่ สมรรถนะทางการใช้ งาน สมรรถนะทางด้านกายภาพ สมรรถนะทางด้านบำรุงรักษา โดยผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าผลการวิจัย จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีประสิทธิภาพ และสมรรถนะ รวมถึงการบำรุงรักษา และซ่อมแซมสามารถ ทำได้ง่าย วัสดุอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน

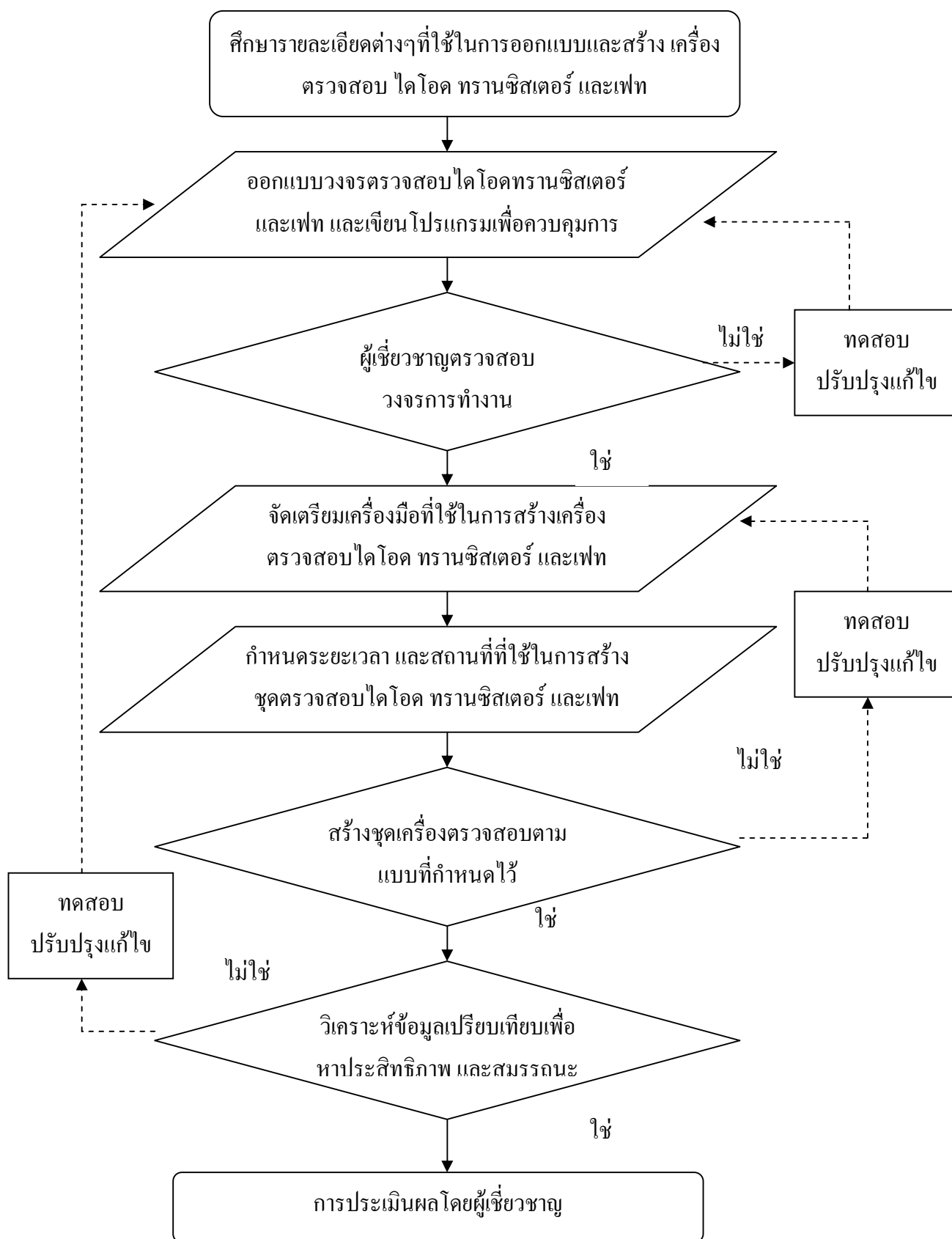
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเชิงทดลอง โดยการสร้างชุด เครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผู้ศึกษาดำเนินการโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. และส่วนประกอบต่างๆของชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. กำหนด ระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
5. สร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามที่ออกแบบไว้
6. ทดสอบ ปรับปรุง และแก้ไข การทำงานของชุดเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้น
7. ให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองแล้วประเมินผลทางด้าน ประสิทธิภาพ และสมรรถนะทั้ง 4 ด้านของ เครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC

การศึกษาค้นคว้าเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอ แอลซีดี ซึ่งสามารถแสดงเป็นขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าได้ดังภาพประกอบที่ 55



ภาพประกอบ 55 แสดงขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด
ทรานซิสเตอร์ และเฟลท

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

การศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท แต่ละเบอร์ออกจากจอผลึกเหลวแอลซีดี ซึ่งมีการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F876 ผลจากการประมวลที่ได้สามารถแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้า ชนิด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยรายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่อง ตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ประกอบด้วยดังนี้

1.1 ศึกษาค่านิยามค่า และงานทดลองที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท เพื่อการตรวจสอบต่างๆ

1.2 ศึกษาคุณสมบัติของส่วนประกอบต่างๆ ของ ชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท เพื่อจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสมมาประกอบเป็นชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

2. ออกแบบวงจร และส่วนประกอบของชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

การทำงานของชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 เป็นตัวประมวลผลข้อมูล และเป็นตัวกลางในการ เปรียบเทียบข้อมูล และติดต่อรับส่งข้อมูลของ เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ที่ได้ ออกไปแสดงผลที่จอ แอลซีดี โดยวงจรการทำงานทั้งหมดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดเครื่องตรวจสอบ ไอซี ได้แก่ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า กระแสตรงชนิดแรงดันคงที่ 5 โวลต์ ทนกระแสสูงสุด 500 มิลลิแอมป์แอมป์ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดัน ให้กับวงจรเมื่อเราต้องการกระแสขาออกสูงสุด 500 มิลลิแอมป์แอมป์ โดยทั่วไปจะเผื่อไว้เป็น 1.5 เท่าของ กระแสที่ต้องการสูงสุด ซึ่งจะได้กระแสออกมาสูงสุดเท่ากับ $500 \times 1.5 = 750$ มิลลิแอมป์แอมป์ ส่วน แรงดันได้โดยกำหนดให้มีค่ามากกว่าแรงดันขาออกสูงสุด ซึ่งวงจรนี้ $V_{DC(max)} = 5$ โวลต์ เพราะฉะนั้นเลือก $V_{DC} \cong 9$ โวลต์ ซึ่งหาค่า V_{AC} ได้โดยใช้สูตร

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

$$V_{AC} = \frac{9}{\sqrt{2}}$$

$$V_{AC} = 6.364 \text{ โวลต์ เลือกใช้ } 9 \text{ โวลต์}$$

ภาคแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง และภาคกรองแรงดันประกอบด้วย ไดโอด การเลือกไดโอดมีข้อพิจารณา 2 อย่างคือการเลือกขนาดกระแสไฟฟ้า และการเลือกขนาดแรงดันไฟฟ้าโดยขนาดของกระแสไฟฟ้าจะเลือก $I_d > I_{TRANS}$

(I_d คือค่ากระแส ของไดโอดที่เลือกใช้ I_{TRANS} คือค่ากระแสที่หม้อแปลงจ่ายแรงดัน) ส่วนการเลือกขนาดของแรงดัน จะเลือกประมาณ 2 เท่า ของแรงดันสูงสุดที่หม้อแปลงจ่ายออก (สมคิด วิริยะประสิทธิ์ และ สมบูรณ์ มาลานนท์ .25385 : 66) เพราะฉะนั้นวงจรนี้เลือกไดโอดดังนี้

วงจร Full-wave ใช้ไดโอดขนาด 1 แอมป์แปร์ 400 โวลต์ เบอร์ 1N4001ตัวเก็บประจุ การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ มีข้อพิจารณา 2 อย่าง คือ ค่าตัวเก็บประจุ และค่าแรงดันของตัวเก็บประจุ

ค่าตัวเก็บประจุหาได้จากสูตร

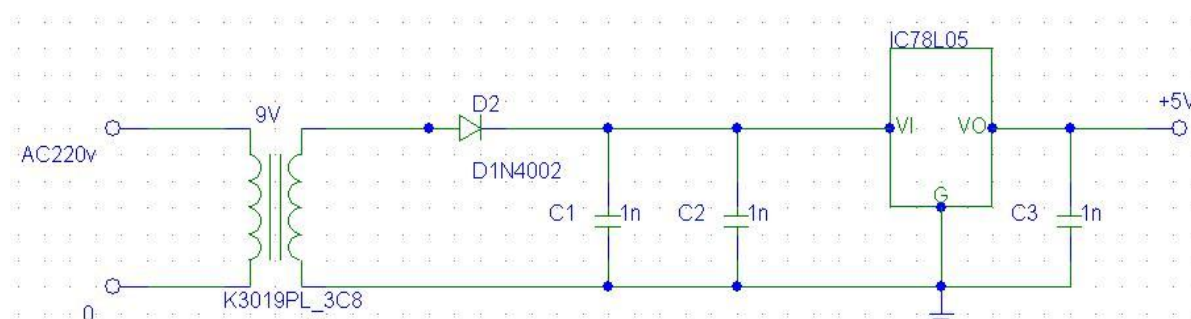
$$C = \frac{2.9I_{AC}}{V_{r(rms)}}$$

เพราะฉะนั้น
$$C = \frac{2.9 \times 0.5}{1}$$

$$C = 1.45 \text{ ฟารัด}$$

$$C = 1450 \text{ ไมโครฟารัด}$$

เลือกใช้ ตัวเก็บประจุค่า = 2200 ไมโครฟารัด 25V

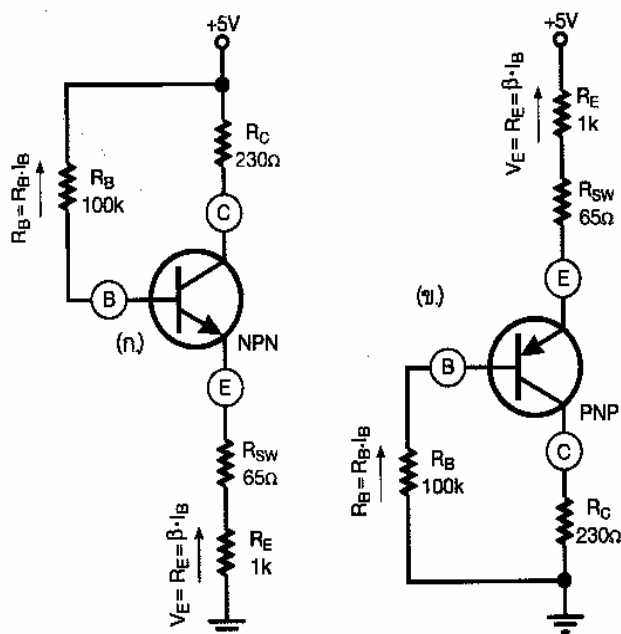


ภาพประกอบ 56 ภาพ วงจรจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ สำหรับเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

2.2 วงจรการตรวจสอบการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการวัดค่า พารามิเตอร์ต่างๆ จาก ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) จะใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบวงจรจากสูตรดังนี้ จากสูตรการหาค่าเกณฑ์ของทรานซิสเตอร์ พารามิเตอร์ที่เราต้องการทราบค่าก่อนที่จะหาค่าเกณฑ์ของทรานซิสเตอร์ได้ คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่จุด V_E และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่จุด V_B สามารถแสดงสูตรที่ใช้สำหรับการหาค่าเกณฑ์ของทรานซิสเตอร์ดังนี้

$$V_E = R_E \times (\beta + 1) \times (V_B \div R_B) \quad \dots(1)$$

$$\beta = [(V_E \times R_B) \div (V_B \times R_E)] - 1 \quad \dots(2)$$



ภาพประกอบ 57 แสดงรูปวงจรการตรวจสอบการทำงานของทรานซิสเตอร์

2.3 วงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟต (FET) ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จาก เฟต (FET) จะใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบวงจรจากสูตรดังนี้

เราต้องการหาค่าแรงดันตกคร่อมที่จุด V_E เราสามารถที่จะหาได้จากสมการที่ 3

$$V_E = (5V - V_{TH}) \quad \dots(3)$$

แรงดันตกคร่อมที่ขาซอร์ส (จุด G) กับขาเดรน (จุด D) ของมอสเฟตจะมีค่าแรงดันเท่ากับแรงดัน V_{TH} (Threshold Voltage) ดังสมการที่ 4

$$V_{GS} = V_{TH} \quad \dots(4)$$

การหากระแส I_D ในช่วงการทำงาน $0 \leq V_{DS} \leq (V_{GS} - V_{TH})$ สามารถทำการหาได้จากสมการที่ 5 และสมการที่ 6

$$I_D = \beta \cdot V_{DS} \cdot [2(V_{GS} - V_{TH}) - V_{DS}] \lambda (1 + V_{DS}) \quad \dots(5)$$

การหากระแส I_D ในช่วงการทำงาน $V_{DS} \geq (V_{GS} - V_{TH})$

$$I_D = \beta \cdot (V_{GS} - V_{TH})^2 \cdot (1 + \lambda \cdot V_{DS}) \quad \dots(6)$$

λ = ช่วงการมอดูเลชันแฟกเตอร์

หากเราต้องการหากระแส I_{DSS} และหาค่า β จะต้องทำอย่างไรดูได้จากสูตรการคำนวณต่าง ๆ ดังสมการต่อไปนี้

2.3.1. ให้ทำการหากระแส I_{D1} จากสมการที่ 7

$$I_{D1} = \beta \cdot V_{DS1} \cdot [2 \cdot (V_{GS1} - V_{TH}) - V_{DS1}] \quad \dots(7)$$

2.3.2. ให้ทำการหากระแส I_{D2} จากสมการที่ 8

$$I_{D2} = \beta \cdot V_{DS2} \cdot [2 \cdot (V_{GS2} - V_{TH}) - V_{DS2}] \quad \dots(8)$$

หรือสามารถหา I_{D2} ได้จากสมการที่ 9

$$I_{D2} = \beta \cdot (V_{GS2} - V_{TH})^2 \quad \dots(9)$$

ต่อไปคือการหาค่า V_{THLIN} , V_K , C และ B ดังสมการที่ 10, 11, 12 และสมการที่ 13

$$V_{THLIN} = C - (V_{GS2} - V_{DS2})^2 / (V_{DS2} - V_K) \quad \dots(10)$$

$$V_K = (I_{D2} \div I_{D1}) \cdot V_{DS1} \quad \dots(11)$$

$$C = V_{GS2}^2 + V_K \cdot (V_{DS1} - 2 \cdot V_{GS1}) \quad \dots(12)$$

$$B = 2 \cdot (V_K - V_{GS2}) \quad \dots(13)$$

และจากสมการที่ 1 และสมการที่ 3 จะทำให้เราทราบว่า Operating Point ของ FET (Saturated region) มีค่าเท่ากับ $V_{TH}^2 = B \cdot V_{TH} + C = 0$

และหากทำการแก้สมการจะได้ค่า V_{TH1} และ V_{TH2} ดังสมการที่ 14 และสมการที่ 15

$$V_{TH1} = B + v [B^2 - 4 \cdot (C \div 2)] \quad \dots(14)$$

$$V_{TH2} = V_{THSAT} = -B - v [B^2 - 4 \cdot (C \div 2)] \quad \dots(15)$$

ต่อไปคือการหาค่า V_1 และ V_2 เพื่อใช้ในการหาช่วง Linear region และช่วง Saturated region ได้ดังนี้

$$V_1 = V_{GS2} - V_{THLIN} - V_{DS2}$$

$$V_2 = V_{GS2} - V_{THSAT} - V_{DS2}$$

* หาก $V_1 > 0$ และ $V_2 < 0$ หมายถึงช่วง Linear region และจะได้ค่า $V_{TH} = V_{THLIN}$

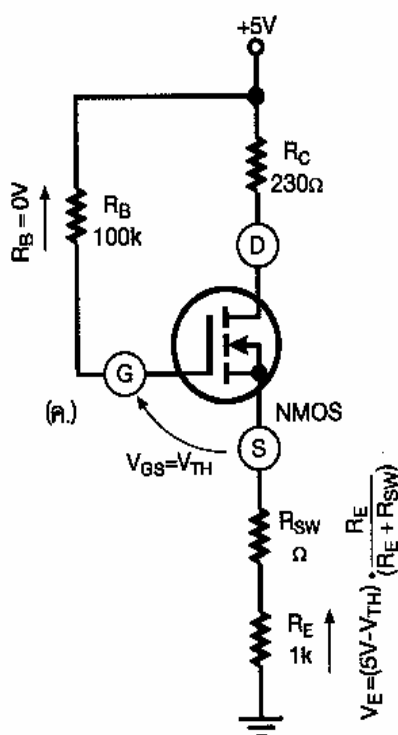
* หาก $V_1 < 0$ และ $V_2 > 0$ หมายถึงช่วง Saturated region และจะได้ค่า $V_{TH} = V_{THSAT}$

หากทำการกำหนดแรงดัน $V_{GS} = 0$ จากสมการที่ 7 และสมการที่ 8 จะได้

$$I_{DSS} = \beta \cdot V_{TH}^2$$

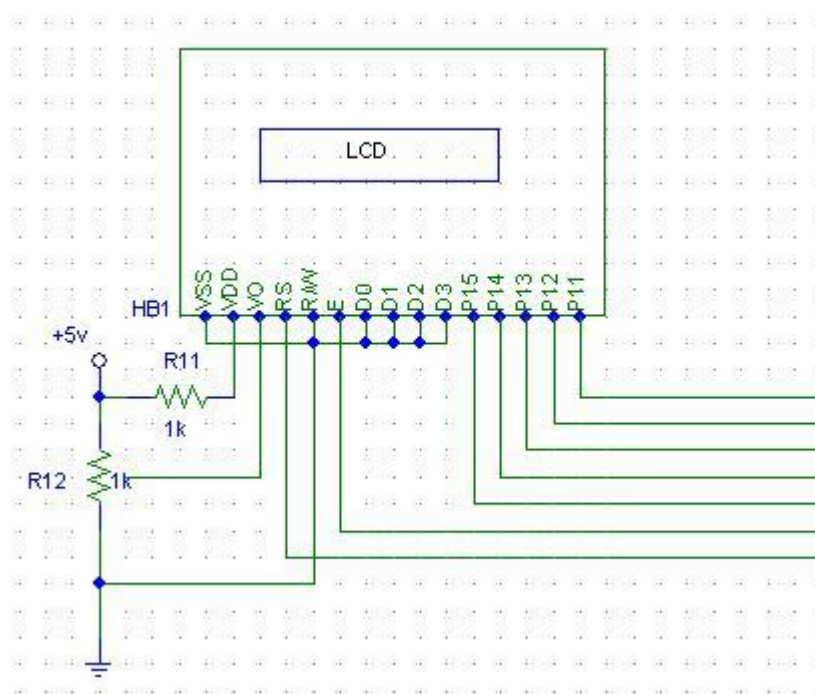
และจากสมการที่ 1 หากทำการคำนวณหาค่า β จะได้

$$\beta = I_{D1} \div \{ V_{DS1} [2 (V_{GS1} - V_{TH}) - V_{DS1}] \}$$



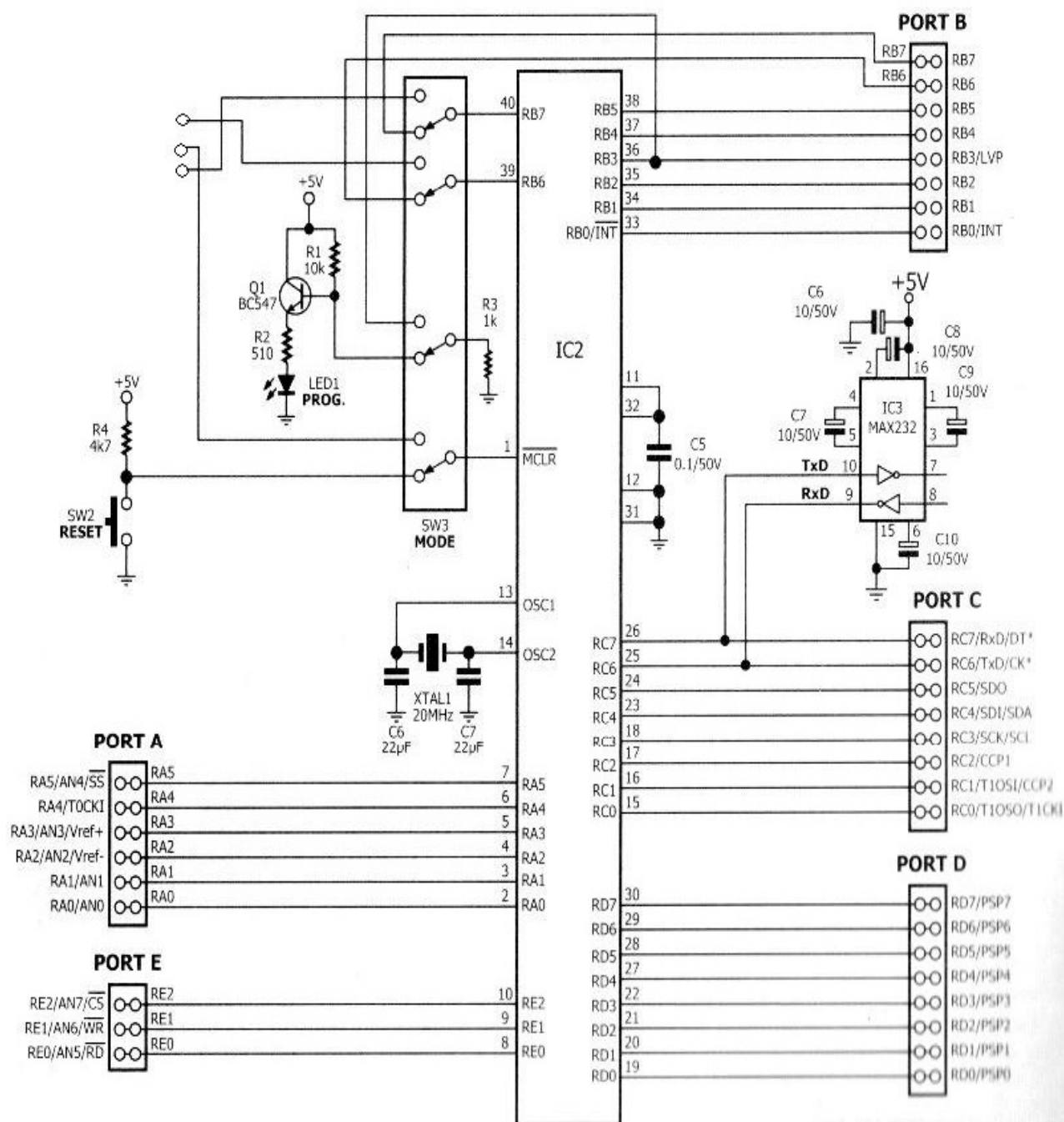
ภาพประกอบ 58 แสดงรูปวงจรการตรวจสอบการทำงานของเฟท

2.4 ชุดวงจรการแสดงผล สำหรับการออกแบบวงจรแสดงผลนั้นจะใช้จอ แอลซีดี เป็นอุปกรณ์ในการแสดงค่าตัวอักษรที่ได้ทำการประมวลผลจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งข้อมูลมาแสดงผลที่จอ แอลซีดี



ภาพประกอบ 59 ชุดวงจรการแสดงผล

2.5 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F876 มีการรวมเอาอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลไว้ในภายใน ชิพ PIC16C7X เป็นสถาปัตยกรรมแบบ RISC โดยมีชุดคำสั่งเพียง 35 single word/single cycle คำสั่งทั้งหมดเป็น 2 ไชเคิล (200 นาโนวินาที) ยกเว้นคำสั่งที่ใช้ในการ กระโดดข้ามโปรแกรมจะใช้ 2 ไชเคิล ผลิตรักษ์ที่ใช้ชิพ PIC16C74A จะมีคุณลักษณะพิเศษคือ ช่วยลดต้นทุนของระบบและประหยัดไฟ เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะอย่างมากมาย เช่น สามารถทำการติดต่อแบบอนุกรมทั้งแบบ Synchronous และแบบ Asynchronous (USART) รวมทั้งอุปกรณ์ในการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 8 bit



ภาพประกอบ 60 ชุดวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด

ทรานซิสเตอร์ และเฟท

การสร้างชุดเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท เพื่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ใช้ วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ ได้แก่

3.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F876	1 ตัว
3.1.2 ตะกั่วบัดกรีชนิดส่วนผสมดีบุก/ตะกั่ว ขนาด 60/40	
3.1.3 สายไฟสำหรับเชื่อมต่อวงจร	
3.1.4 ซ็อกเก็ตไอซี 16 PIN (DIL)	3 ตัว
3.1.5 ซ็อกเก็ตไอซี 28 PIN (DIL)	1 ตัว
3.1.6 แบตเตอรี่ 9 โวลต์	1 ก้อน
3.1.7 SW1 – สวิตช์ on/off	1 ตัว
3.1.8 จอ LCD1 - จอ LCD แสดงผลขนาด 2×16 ตัวอักษร	1 ตัว
3.1.9 ตัวต้านทาน 1/4W ± 1%	
100kΩ	3 ตัว
5.6kΩ	4 ตัว
1kΩ	3 ตัว
100kΩ	3 ตัว
47kΩ	1 ตัว
27kΩ	1 ตัว
3.1.10 ตัวต้านทานปรับค่าได้	
VR1 - 10kΩ	1 ตัว
3.1.11 ตัวเก็บประจุ	
ตัวเก็บประจุ 10uF 25V อิเล็กโทรไลต์	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ 100nF 63V โพลีเอสเตอร์	3 ตัว
ตัวเก็บประจุ 100pF 50V เซรามิก	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ 1nF 63V โพลีเอสเตอร์	3 ตัว
3.1.12 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	
D1 – 1N4001	1 ตัว
IC1 – 78L05	1 ตัว
IC2 – PIC16F876 – 20/SP	1 ตัว

3.2 เครื่องมือประกอบด้วย

3.2.1	กิมตัด	1 ตัว
3.2.2	กิมจับ	1 ตัว
3.2.3	หัวแรงไฟฟ้า	1 อัน
3.2.4	มัลติมิเตอร์	1 ตัว
3.2.5	สว่านไฟฟ้า	1 ตัว

4. กำหนดระยะเวลาในการสร้างเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2550 ใช้สถานที่ในการสร้างพร้อมทั้งใช้เครื่องมือต่างๆ เลขที่ 88/156 ม. 6 ถ. พระราม 2 แขวงสามตำบล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

5. สร้างเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ตามที่ออกแบบ

5.1 จัดซื้ออุปกรณ์

5.2 จัดทำลายวงจรพิมพ์ สำหรับนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบัดกรีเชื่อมต่อดวงจรต่างๆ

5.3 นำเอาอุปกรณ์ที่ได้จัดเตรียมไว้มาประกอบบัดกรีลงแผ่นวงจรพิมพ์

5.4 ประกอบชุดแสดงผล จอแอลซีดี ร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

5.5 เขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงานบนที่กลงในไมโครคอนโทรลเลอร์

5.6 จัดทำกล่อง สำหรับลงเครื่องมือและแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด เพื่อให้เกิดความปลอดภัย

สวยงาม สะดวกต่อการใช้งาน

5.7 ทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้อุปกรณ์ทุกส่วนทำงานได้อย่างถูกต้อง และดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

6. ทดสอบการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

หลังจากที่ได้สร้างต้นแบบวงจรเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ขึ้นมาแล้ว ทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องการทำงานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท เพื่อให้ทำงานได้ตามข้อกำหนด ก่อนที่จะส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งจะทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ดังนี้

6.1 ทดลองการใช้งานจริงว่าเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท สามารถตรวจสอบได้ว่า ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท เป็นชนิดอะไร ขาของอุปกรณ์นั้นเป็นขาอะไร เมื่อนำผลที่ตรวจสอบได้ไปเทียบกับ ข้อมูลจากคำคำบู้ค ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน

7. ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลทางด้านสมรรถนะการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ

ไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

เมื่อได้สร้างและปรับปรุงแก้ไขเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ตามหัวข้อที่ผ่านมาแล้วต่อมาดำเนินการหาสมรรถนะ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

7.1 ผู้วิจัยออกแบบ แบบประเมินการหาสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยการสร้างแบบประเมินสมรรถนะการออกแบบของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท จากการศึกษารวบรวมตามลักษณะเมื่อนำไปใช้งานจริง และจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามโดยแบ่งเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน ชี้แจงวัตถุประสงค์ และวิธีการตอบแบบประเมิน การออกแบบและการใช้งาน ให้ผู้ประเมินเข้าใจ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะเครื่องไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท 3 ด้าน ดังนี้

1. สมรรถนะด้านกายภาพ
2. สมรรถนะด้านการใช้งาน
3. สมรรถนะด้านบำรุงรักษาและซ่อมแซม

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เป็นคำถามชนิดปลายเปิด ให้ผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับการออกแบบและการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

7.2 ส่งแบบประเมินการหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟทเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขให้เหมาะสม

7.3 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทดสอบและประเมินการใช้งาน เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณสมบัติจบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป / ต้องมีประสบการณ์ทำงานเกี่ยวกับงานด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ไม่ต่ำกว่า 10 ปี ทำการสุ่มตัวอย่างโดยการเลือก ไดโอดจำนวน 5 เบอร์ๆละ 5 ตัว ทรานซิสเตอร์ จำนวน 5 เบอร์ๆละ 5 ตัว และเฟท จำนวน 5 เบอร์ๆละ 5 ตัว และนำมาทดสอบวัดด้วยมัลติมิเตอร์เพื่อตรวจเช็ค และเปรียบเทียบ

ค่าที่วัดได้กับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต เพื่อตรวจสอบเช็คความถูกต้อง จากนั้นนำ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์แล้ว มาทดสอบวัดด้วย เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท

7.4 นำแบบประเมินการหาสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ในด้านต่างๆ ตอบแบบสอบถามลักษณะทางกายภาพ ด้านการบำรุงรักษา ด้านวิศวกรรม และด้านความสะดวกในการใช้งาน ของเครื่องที่สร้างขึ้น

7.5 นำแบบประเมินการหาสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินแล้วนั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลโดย

7.5.1 การประเมินแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งกำหนดค่าคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับตามวิธีของลิเคอร์ (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2538 : 92) ได้ดังนี้คือ

- คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับปรับปรุง
- คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

7.5.2 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลทางด้านประสิทธิภาพ ดังนี้

เกณฑ์ในการประเมิน	แปลความ
ผ่านเกณฑ์	ดี = ถูกต้อง
ไม่ผ่านเกณฑ์	ต้องปรับปรุง = ไม่ถูกต้อง

7.5.3 สถิติที่ใช้ในการกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูล เป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.51 – 5.00	ผลการประเมินในระดับดีมาก
3.51 – 4.50	ผลการประเมินในระดับดี
2.51 – 3.50	ผลการประเมินในระดับพอใช้
1.51 – 2.50	ผลการประเมินในระดับปรับปรุง
1.00 – 1.50	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

7.5.4 ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เกิดจากการรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ชำนาญการที่ประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท ได้จากสูตรการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$\bar{X} = \sum \frac{x}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย

$$\sum X \quad \text{คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด}$$

$$n \quad \text{คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด}$$

7.5.5 ทดสอบสมมติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของคะแนนที่เกิดจากการรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยวิเคราะห์ด้วยค่า t - test (วิสาข์ เกษประทุม.2539: 229)

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ คะแนนแต่ละตัว

N คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$df = n - 1$$

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

n คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม

เมื่อ μ คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่ง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอบ ไลโดต ทรานซิสเตอร์ และเฟท นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไลโดต ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ระบบจ่ายไฟ ระบบประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ ระบบแสดงผล โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 61 เครื่องตรวจสอบ ไลโดต ทรานซิสเตอร์ และเฟท

1.1 ระบบจ่ายไฟ



ภาพประกอบ 62 ระบบจ่ายไฟ

ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เหมาะสมกับวงจรการทดสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220/9 โวลต์ จำนวน 1 ตัว ทางด้านปฐมภูมิรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 ผ่านฟิวส์หลอดแก้วทนกระแส 5 แอมแปร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร ทางด้านทุติยภูมิจ่ายแรงดันไฟฟ้าฟกัด 9 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุดได้ 1 แอมแปร์ ผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับให้เป็นแรงดันตรง จากนั้นผ่านต่อไปยังวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 5 โวลต์ โดยแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ และวงจรแสดงผล

1.2 ระบบประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ



ภาพประกอบ 63 ระบบประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ

ประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 3 วงจรดังนี้

1.2.1 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

1.2.2 วงจร มัลติเพล็กซ์, ดีมัลติเพล็กซ์

1.2.3. วงจรประมวลผลโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 16F876

ทั้ง 3 วงจรใช้กับแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 โวลต์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 16F876 เป็นตัวควบคุมและประมวลผลการทำงาน

1.3 ระบบแสดงผล



ภาพประกอบ 64 ระบบแสดงผล

ใช้สำหรับแสดงผลการวัด โดยใช้จอ แอลซีดี เป็นตัวแสดงผล โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบตัวอักษร และตัวเลข โดยรับข้อมูลที่ได้ทำการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

2. หาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทำการทดสอบและบันทึกค่าลงในตาราง นำผลที่ได้จากการทดสอบและบันทึก มาทำการประเมินผล โดยให้คะแนนมาตราส่วนประเมิน 2 ระดับประกอบด้วยการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบใดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ 5 ด้าน คือ

2.1.1 การทดสอบวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์

2.1.2 การทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท

2.1.3 การทดสอบวัดหาขาของ ไดโอด

2.1.4 การทดสอบวัดหาขาของ ทรานซิสเตอร์

2.1.5 การทดสอบวัดหาขาของ เฟท

สรุปผลที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีดังนี้

ตาราง 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์	แสดงผลค่าการวัด	ผลการทดสอบ	
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SB857	PNP	✓	
BC546	NPN	✓	
BC548	NPN	✓	
H1061	NPN	✓	
2SC3150	NPN	✓	

ตาราง 2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาชนิดของ เฟท

เฟท	แสดงผลค่าการวัด	ผลการทดสอบ	
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SK30	NJFET	✓	
2SK33	NJFET	✓	
2SK19	NJFET	✓	
2SK43	NJFET	✓	
2SK41	NJFET	✓	

ตาราง 3 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาของ ไดโอด

ไดโอด	แสดงผลค่าการวัด	ผลการทดสอบ	
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
1N4001	K,A	✓	
1N4002	K,A	✓	
1N4003	K,A	✓	
1N4004	K,A	✓	
1N4005	K,A	✓	

ตาราง 4 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาของ ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์	แสดงผลค่าการวัด	ผลการทดสอบ	
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SB857	BCE	✓	
BC546	CBE	✓	
BC548	CBE	✓	
H1061	BCE	✓	
2SC3150	BCE	✓	

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ ในการวัดหาของ เฟท

เฟท	แสดงผลค่าการวัด	ผลการทดสอบ	
		ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SK30	SGD	✓	
2SK33	DSG	✓	
2SK19	DSG	✓	
2SK43	DSG	✓	
2SK41	DSG	✓	

จากตาราง 1-5 แสดงว่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทดสอบ 5 ด้าน คือ ทดสอบวัดหาชนิดทรานซิสเตอร์ ทดสอบวัดหาชนิดเฟท ทดสอบวัดหาไซโดส ทดสอบวัดหาทรานซิสเตอร์ และทดสอบวัดหาเฟท มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์และถูกต้อง

2.2 ผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

การประเมินสมรรถนะ เป็นการประเมินความคิดเห็นใน 3 ด้านจากเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน สรุปผลที่ได้รับจากการประเมินสมรรถนะทั้ง 3 ด้าน มีดังนี้

ตาราง 6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

สมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	$\bar{X}$	SD	t - test	แปลความ
1. ความแข็งแรงของโครงสร้าง	4.20	0.84	0.53	ดี
2. รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน	4.40	0.55	1.63	ดี
3. โทนสีของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งาน	4.40	0.55	1.63	ดี
4. ความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ	4.20	0.45	1.00	ดี
5. ความสะดวกในการใช้งานของเครื่อง	4.20	0.45	1.00	ดี
6. ความเหมาะสมในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมา สร้าง	4.40	0.55	1.63	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพของ เครื่องตรวจสอบไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์	4.23	0.57	2.24	ดี

เมื่อ (n=5), ($\mu_0 = 4$)

จากตาราง 6 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.20$, SD = 0.84, t - test = 0.53, sig = 0.621) ด้านรูปทรงเหมาะสมกับการใช้งานอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, SD = 0.55, t - test = 1.63, sig = 0.178) ด้าน

โทษของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$, $t - test = 1.63$, $sig = 0.178$) ด้านความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.45$, $t - test = 1.00$, $sig = 0.374$) ด้านความสะดวกในการใช้งานของเครื่องอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.45$, $t - test = 1.00$, $sig = 0.374$) ด้านความเหมาะสมในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$, $t - test = 1.63$, $sig = 0.178$) การประเมินสมรรถนะด้านกายภาพของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.23$, $SD = 0.57$, $t - test = 2.24$, $sig = 0.032$)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 6 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านกายภาพอยู่ในระดับดี เครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีโครงสร้างที่แข็งแรง รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน โทษของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งาน มีความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ มีความความสะดวกในการใช้งานของเครื่อง และใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างได้อย่างเหมาะสมซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ตาราง 7 แสดงการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

สมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	$\bar{X}$	SD	t - test	แปลความ
1. ขั้นตอนในการตรวจสอบไม่ยุ่งยาก	4.20	0.45	1.00	ดี
2. การเคลื่อนย้ายเครื่อง มีความสะดวก	4.80	0.45	4.00	ดีมาก
3. การถอดและประกอบเครื่องผู้ใช้งานสามารถทำได้	4.40	0.55	1.63	ดี
4. ติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็ว	4.60	0.55	2.44	ดีมาก
5. มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร	4.60	0.55	2.44	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	4.52	0.51	5.09	ดีมาก

เมื่อ ($n=5$), ($\mu_0 = 4$)

จากตาราง 7 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านขั้นตอนในการ

ตรวจสอบไม่ยุ่งยากอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.45$, $t\text{-test} = 1.00$, $sig = 0.374$) ด้านการเคลื่อนย้ายเครื่อง มีความสะดวกอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.80$, $SD = 0.45$, $t\text{-test} = 4.00$, $sig = 0.016$) ด้านการถอดและประกอบเครื่องผู้ใช้งานสามารถทำได้อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$, $t\text{-test} = 1.63$, $sig = 0.178$) ด้านติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็วอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.55$, $t\text{-test} = 2.44$, $sig = 0.070$) ด้านมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจรอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.55$, $t\text{-test} = 2.44$, $sig = 0.070$) การประเมินสมรรถนะด้านการใช้งานของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.52$, $SD = 0.51$, $t\text{-test} = 5.09$, $sig = 0.061$)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 7 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก เครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีขั้นตอนในการตรวจสอบไม่ยุ่งยาก มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง การถอดและประกอบเครื่องผู้ใช้งานสามารถทำได้ ติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็ว มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย

ตาราง 8 แสดงผลการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของ เครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	$\bar{X}$	SD	t - test	แปล ความ
1. สามารถเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องได้	4.20	0.45	1.00	ดี
2. ตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการใช้งานได้	4.40	0.55	1.63	ดี
3. สามารถแยกส่วนประกอบต่างๆ ภายในเครื่องได้	4.60	0.55	2.44	ดีมาก
4. การสร้างเครื่องตรวจสอบ ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาประหยัด	4.60	0.55	2.44	ดีมาก
5. สะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่อง	4.40	0.55	1.63	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษา และซ่อมแซมของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	4.44	0.51	4.34	ดี

เมื่อ ($n=5$), ($\mu_0 = 4$)

จากตาราง 8 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษา และซ่อมแซมของเครื่องตรวจสอบ ไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านการสามารถเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องได้อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.45$, t -test = 1.00, sig = 0.374) ด้านการตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการใช้งานได้อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$, t -test = 1.63, sig = 0.178) ด้านการสามารถแยกส่วนประกอบต่างๆ ภายในเครื่องได้อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.55$, t -test = 2.44, sig = 0.070) ด้านการสร้างเครื่องตรวจสอบ ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาประหยัดอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.55$, t -test = 2.44, sig = 0.070) ด้านการสะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่องอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X} = 4.40$, $SD = 0.55$, t -test = 1.63, sig = 0.178) การประเมินสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของเครื่องตรวจสอบไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X} = 4.44$, $SD = 0.51$, t -test = 4.34, sig = 0.00)

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 8 แสดงว่าผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซมอยู่ในระดับดี เครื่องตรวจสอบไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องได้ สามารถตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการใช้งานได้ สามารถแยกส่วนประกอบต่างๆ ภายในเครื่องได้ การสร้างเครื่องตรวจสอบ ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาประหยัด มีความสะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่อง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ตาราง 9 แสดงผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์	$\bar{X}$	SD	t-test
1. ด้านกายภาพ	4.23	0.57	2.24
2. ด้านการใช้งาน	4.52	0.51	5.09
3. ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม	4.44	0.51	4.34
ค่าเฉลี่ยรวมการประเมินสมรรถนะ ของเครื่องตรวจสอบ ไซโอโด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	4.39	0.54	6.42

$$(\mu_0 = 4)$$

จากตาราง 9 แสดงผลการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการทดสอบใน 3 ด้านคือ ด้านกายภาพ ($\bar{X} = 4.23$, $SD = 0.57$, $t\text{-test} = 2.24$, $\text{sig} = 0.32$) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.52$, $SD = 0.51$, $t\text{-test} = 5.09$, $\text{sig} = 0.24$) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ($\bar{X} = 4.44$, $SD = 0.51$, $t\text{-test} = 4.34$, $\text{sig} = 0.12$) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี การประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกด้าน ($\bar{X} = 4.39$, $SD = 0.54$, $t\text{-test} = 6.42$, $\text{sig} = 0.052$) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 9 แสดงว่าสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ใน 3 ด้านคือ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดีสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัย

ตาราง 10 แสดงผลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในการปรับปรุงชุดอุปกรณ์เครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ลำดับ	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	ความถี่
1	ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ควรติดตั้งพัดลมระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน	3
2	ด้านการใช้งาน ควรมีแหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่ร่วมด้วยเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน	2
3	ด้านการใช้งาน ควรเพิ่มความสามารถในการวัด เอสซีอาร์ ได้	2
4	ด้านกายภาพ ควรใช้กล่องโลหะแทนพลาสติกเพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง	2

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 10 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยรวม ด้านกายภาพ เสนอให้ปรับปรุงให้ใช้กล่องโลหะใส่อุปกรณ์แทนพลาสติก เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้าง ด้านการใช้งาน เสนอให้เพิ่มแหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน และควรเพิ่มความสามารถในการวัด เอสซีอาร์ ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม เสนอให้เพิ่มเติมพัดลมระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เป็นผู้ประเมิน มีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และวัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1. ลำดับขั้นตอนดำเนินการวิจัย โดยกำหนดเป็นแผนงานการปฏิบัติงานเพื่อดำเนินการวิจัยเพื่อการออกแบบ และสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ศึกษาทฤษฎีและข้อมูล รวมถึงรายละเอียดต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ โดยได้ศึกษาข้อมูลเครื่องมือ อุปกรณ์การตรวจสอบต่างๆ ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของเครื่อง และส่วนประกอบต่างๆ ที่จะนำมาดำเนินการสร้าง ศึกษากระบวนการควบคุมการทำงานของเครื่อง ตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
3. รวบรวมข้อมูล และออกแบบวงจรและส่วนประกอบต่างๆ โดยการนำทฤษฎีและข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาออกมาออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะอาศัยขอบเขตการวิจัยมาทำการออกแบบให้ครอบคลุมและกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จะทำการสร้างเครื่องตรวจสอบ ไซโดส ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้น ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานทั้งวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4. นำวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พร้อมทั้งโครงสร้างเครื่องที่ทำการออกแบบให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

5. กำหนดรายการวัสดุและจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ที่มีคุณภาพที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ โดยผู้วิจัยทำการกำหนดรายการวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้วัสดุที่มีจำหน่ายตามแหล่งขายวัสดุ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

6. ดำเนินการสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากวัสดุ อุปกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ ตามแบบวงจรที่ได้ออกแบบและนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นต้นแบบ

7. ทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดจากการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ทำงานได้ตามกำหนด

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินสมรรถนะและทดสอบหาประสิทธิภาพ โดยกำหนดเป็นแผนการดำเนินงานประเมินสมรรถนะและทดสอบหาประสิทธิภาพ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละกระบวนการโดยการทดสอบหาค่า และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินสมรรถนะของเครื่อง จำนวนทั้งสิ้น 5 คน ซึ่ง จะประเมินสมรรถนะ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านกายภาพ
2. ด้านการใช้งาน
3. ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม

ให้ผู้เชี่ยวชาญทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง กำหนดเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ที่จะใช้ทำการทดลองให้ได้สมรรถนะและประสิทธิภาพตามเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการนำผลที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์ผล ให้ได้ข้อสรุปและผลตรงตามสมมติฐานการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยทำการออกแบบวงจรออกเป็น 3 ส่วนคือ

1.1 ระบบจ่ายไฟ

ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เหมาะสมกับวงจรการทดสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220/9 โวลต์ จำนวน 1 ตัว ทางด้านปฐมภูมิรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 ผ่านฟิวส์หลอดแก้วทนกระแส 5 แอมแปร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร ทางด้านทุติยภูมิจ่ายแรงดันไฟฟ้าฟิวด์ 9 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุดได้ 1 แอมแปร์ ผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับให้เป็นแรงดันตรง จากนั้นผ่านต่อไปยังวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ 5 โวลต์ โดยแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ และวงจรแสดงผล

1.2 ระบบประมวลผล ถอดรหัส และทดสอบ ประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 3 วงจรดังนี้

1.2.1 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

1.2.2 วงจร มัลติเพล็กซ์, ดีมัลติเพล็กซ์

1.2.3. วงจรประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์

ทั้ง 3 วงจรใช้กับแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 โวลต์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 16F876 เป็นตัวควบคุมและประมวลผลการทำงาน

1.3 ระบบแสดงผล

ใช้สำหรับแสดงผลการวัด โดยใช้จอ แอลซีดี เป็นตัวแสดงผล โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบตัวอักษรและตัวเลข โดยรับข้อมูลที่ได้ทำการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

2. การทดสอบและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ ได้ผลการทดสอบและประเมินสรุปได้ดังนี้

การทดสอบหาประสิทธิภาพทั้ง 5 ด้าน คือ ทดสอบวัดหาชนิดทรานซิสเตอร์ ทดสอบวัดหาชนิดเฟท ทดสอบวัดหาขาไดโอด ทดสอบวัดหาขาทรานซิสเตอร์ และทดสอบวัดหาขาเฟท ผ่านเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพ ถูกต้อง

3. การประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตอบแบบประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ใน 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 ด้านกายภาพ จากแบบประเมินจำนวน 6 ข้อ คือ ความแข็งแรงของโครงสร้าง รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน โทนสีของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งาน ความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ ความสะดวกในการใช้งานของเครื่อง ความเหมาะสมในการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาสร้าง มีการประเมินสมรรถนะอยู่ในระดับ ดี

3.2 ด้านการใช้งาน จากแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือ ขั้นตอนในการทดสอบไม่ยุ่งยาก การเคลื่อนย้ายมีความสะดวก การถอดและประกอบเครื่องผู้ใช้งานสามารถทำได้ ติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็ว มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร มีผลการประเมินสมรรถนะอยู่ในระดับ ดีมาก

3.3 ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม จากแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ คือ สามารถเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องได้ ตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการใช้งานได้ สามารถแยกส่วนประกอบต่างๆ ภายในเครื่องได้ การสร้างเครื่องตรวจสอบ ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาประหยัด สะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่อง มีการประเมินอยู่ในระดับ ดี

อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้คือ เครื่องตรวจสอบที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพแสดงผลการวัดถูกต้อง มีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถอภิปรายผลมีรายละเอียดดังนี้

1.ด้านการออกแบบสอบเครื่องตรวจไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโดยกำหนด วงจรการทำงาน 3 ส่วนคือ

1.1 วงจรจ่ายไฟ ออกแบบให้มีแรงดันในการทำงานขนาด 5 โวลต์ ดีซี เพื่อเป็นแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรประมวลผล, วงจรแสดงผล โดยวงจรจ่ายไฟที่ออกแบบนั้นสามารถจ่ายแรงดันออกมาได้เท่ากับ 5.2 โวลต์ ดีซี ซึ่งตรงกับขอบเขตของการวิจัยกำหนดไว้ที่แรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ ผิดพลาดได้ บวกลบ ร้อยละสิบ

1.2 วงจรประมวลผล ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรประมวลผลการทดสอบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล พีไอซี (PIC) เป็นตัวประมวลผลกลางและควบคุมการทำงานของวงจร โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการทำงานคือ สามารถวัดหาขา ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท, สามารถวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท ผลของการออกแบบและทดสอบ วงจรประมวลผลสามารถตรวจสอบและแสดงค่าผลการวัดได้ถูกต้องตรงกับข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต

1.3 วงจรแสดงผล ผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรแสดงผลโดยกำหนดขอบเขตการวิจัยไว้คือ วงจรสามารถแสดงผลข้อมูลออกมาเป็นตัวเลข และตัวอักษร จากผลการทดลองพบว่าวงจรแสดงผลสามารถแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขและตัวอักษรได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับขอบเขตในการวิจัย

2.ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้น จากผลการทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏผลการทดสอบ หา ชนิดของทรานซิสเตอร์ ชนิดของเฟท หาของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท พบว่าผลการทดสอบมีความถูกต้อง ร้อยละร้อย โดยสามารถแสดงผลการวัดค่าได้ถูกต้องตรงตามข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต เป็นไปตามทฤษฎีในการออกแบบการทำงานวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของ ชีรวัฒน์ ประกอบผล. (2540) การออกแบบการทำงานของวงจรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลจะทำให้ วงจรมีการทำงานถูกต้องและประมวลผลได้เที่ยงตรง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ไกรเลิศ. (2549) ได้ออกแบบเครื่องบันทึกการลงเวลาปฏิบัติงานของพนักงาน ซึ่งระบุว่าสมรรถนะและการเปรียบเทียบผลการประมวลผลของเครื่องบันทึกการลงเวลาปฏิบัติงานของพนักงานผ่านเกณฑ์และถูกต้อง

3. สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ออกแบบและสร้างชิ้นนั้น ได้ประเมินด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ผลการประเมินค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งจำแนกรายละเอียดของสมรรถนะของเครื่องที่สร้างขึ้นได้ดังต่อไปนี้

3.1 ด้านกายภาพ จากการประเมิน 6 ข้อ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดคือด้าน รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน โดยขนาดของเครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดกระทัดรัดและพกพาได้สะดวกและมีน้ำหนักเบา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิรเชษฐ์ ศรีชัย. (2546) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความถี่ของเครื่องจักรโดยสมรรถนะด้านกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีรูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน รองลงมาในระดับดี ตามลำดับคือ รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน ความแข็งแรงของโครงสร้าง ความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ โทนสีเหมาะสมกับการใช้งาน

3.2 ด้านการใช้งาน จากการประเมิน 5 ข้อ ผลการประเมินอยู่ระดับ ดีมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าด้านที่อยู่ระดับ ดีมาก คือ การเคลื่อนย้ายเครื่องมีความสะดวก โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยงยุทธ วิทยุศาสตร์. (2541) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์ สามารถใช้งานได้สะดวกต่อการอ่านค่า และรองลงมาอยู่ในระดับ ดีมาก ตามลำดับคือ ติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็ว มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร

3.3 ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม จากการประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่า ด้านที่อยู่ในระดับ ดีมาก คือ การสร้างเครื่องตรวจสอบ ใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาประหยัด สามารถแยกส่วนประกอบต่างๆภายในเครื่องได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประสงค์ สืบชาติ. (2545) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบความเป็นฉนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้า มีจุดซ่อมบำรุงรักษาน้อยและอุปกรณ์หาซื้อได้ง่าย และรองลงมาอยู่ในระดับเกณฑ์ดี ตามลำดับคือ ตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการใช้งานได้ สะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่องและจุดเสียของเครื่อง

สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดี ($\bar{X} = 4.39$, $SD = 0.54$, $t\text{-test} = 6.42$, $\text{sig} = 0.052$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าวิจัยนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยได้เสนอแนะเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ ใน การศึกษาค้นคว้าในอนาคตดังนี้

1. ควรติดตั้งพัดลมระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ควรมีการพัฒนาให้เครื่องทดสอบสามารถใช้แหล่งจ่ายจากแบตเตอรี่ร่วมด้วยเพื่อสะดวกต่อ การใช้งาน
3. ควรเพิ่มความสามารถในการวัด เอสซีอาร์ หรืออุปกรณ์ประเภทสามรอยต่อได้ และสามารถ บอกได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำการวัดนั้นมีสถานะดี หรือเสียได้
4. ควรใช้กล่องโลหะแทนพลาสติกเพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยเสนอข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป คือ ควรทำการพัฒนาเครื่องตรวจสอบใดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นเครื่อง ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยทำ การออกแบบวงจรให้สามารถวัด อุปกรณ์ ประเภท เอสซีอาร์ ยูเจที และสามารถบอกได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำ การวัดมีสถานะดีหรือเสียได้ เพิ่มเติม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษฎา วิศวธีรานนท์. (2542). *เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).
- โกศล เพ็ชรสุวรรณ. (2532). *เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ*. กรุงเทพฯ: ดวงกมล
- เจน สงสมพันธุ์. (2531). *เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์กรุง
- ชัยยุทธ ชาลิตนิกุล. (2532). *ความปลอดภัยในการทำงานสำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: เมฆาเพรส.
- เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. (2538). *สวิตชิงเพนเวอร์ซัพพลาย*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ณัฏพล ญูทอง. (2546). *การออกแบบวงจรสำหรับตัวรับปลอดภัย*. ปรินูนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฏพล วงศ์สุนทรชัย. (2548). *เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F8XX*. กรุงเทพฯ: บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.
- ถวัลย์วงศ์ ไกรโรจนานนท์. (2542). *อิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ชนเรศ ทิพย์เจริญ. (2548). *การพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษ*. ปรินูนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. (2540). *การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).
- ประสงค์ สืบชาติ. (2545). *การพัฒนาเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร*. ปรินูนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประสิทธิ์พร แซ่เฮ้ง. (2543). *304 วงจร*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น.
- พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2537). *เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: บริษัทเฮช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด.
- _____. (2539). *วงจรพัลส์และสวิตชิง*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น. เทพ. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- พิพัฒน์ เลหาสงคราม. (2539). *พื้นฐานวิศวกรรมไมโครโพรเซสเซอร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พีรเชษฐ์ ศรีชัย. (2546). *การพัฒนาเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร*. ปรินูนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- มงคล ทองสงคราม. (2536). *อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: วีเอพรีนติ้ง.
- _____. (241). *อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น2*. กรุงเทพฯ: วีเอพรีนติ้ง.
- ขงยุทธ วิฑูรย์สานต์. (2541). *การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดทรานซิสเตอร์*. ปรินานพินธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ยืน ภู่วรรณ . (2538). *เทคโนโลยีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2538). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2538). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่ม 3*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล. (2538). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 2. ถ่ายเอกสาร
- วิสาข์ เกษประทุม. (2539). *ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: วิสิทธิ์พัฒนา จำกัด.
- สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย, อรรถพล มณีโชติ; และ ธนารัตน์ ภูมิรัชตพงษ์. (2536). *ความรู้เบื้องต้นทางอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. (2545). *ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่11. กรุงเทพฯ: ที เอส บี โปรดักส์ จำกัด.
- โสภณ เสือพันธ์. (2540). *ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอมพันธ์.
- Boylestad, Robert; & Louis. Nashelsky. (1994) *Electronic Device and Circuit Theory*. 5 th ed. New Jersey : Prentice-Hall. Inc.
- Philips.(1995) *ECG Semiconductors Master replacement Guide*.
- Stephen, r. Fleeman. (1990). *Electronic Device*. Prentice-Hall. Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5646 , 5731

ที่ ศร 0519.12/1208

วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายบุญญฤทธิ์ บุญโกลม นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์” โดยมีอาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายบุญญฤทธิ์ บุญโกลม และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

1๗๓๓๘

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ 0519.12/1324



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๗ กุมภาพันธ์ 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม บริษัท PEC TECHNOLOGY จำกัด

เนื่องด้วย นายบุญญฤทธิ์ บุญโกล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์” โดยมีอาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ คุณศุภรศักดิ์สิทธิ์ ลิ้มลือชา เป็นผู้ประเมินทดสอบเครื่องมือวิจัยและตรวจสอบวงจรไฟฟ้า

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายบุญญฤทธิ์ บุญโกล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญสิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ: สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพทมือถือ 085-8328440



ที่ ศธ 0519.12/13๑๑

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

4 กุมภาพันธ์ 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคึกคักอาชีวศึกษาจันทนาสน

เนื่องด้วย นายบุญญฤทธิ์ บุญโกล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายบุญญฤทธิ์ บุญโกล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

[Signature]

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จิระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ: สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์มือถือ 085-8328440



ที่ ศธ 0519.12/ 1211

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๔ กุมภาพันธ์ 2551

เรื่อง ขอให้เชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม บริษัท UNITED TELECOM SALE & SERVICE จำกัด

เนื่องด้วย นายบุญญฤทธิ์ บุญโกลม นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานพนธ์ เรื่อง “เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปฏิญานพนธ์ และรองศาสตราจารย์ธีรพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปฏิญานพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านและ คุณสุรเชษฐ เรื่องเจริญธรรม และคุณณัฐพงษ์ สัจจะนราภรณ์ เป็นผู้ประเมินทดสอบ เครื่องมือวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นและให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชิญหาญให้ นายบุญญฤทธิ์ บุญโกลม และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

1๗๙๙ C

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพทมือถือ 085-8328440

ภาคผนวก ข
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1 ร.ศ นิภา ศรีไพโรจน์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์

ประจำภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วุฒิกการศึกษา กศ.ม

1.2 อาจารย์ สันห์ อินตะไชยวงศ์

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการโรงเรียน

โรงเรียนฝักอาชีพ กาญจนสิงหาสน์

วุฒิกการศึกษา คอ.ม (การบริหารงานอาชีวศึกษา)

1.3 นาย ศุภรศักดิ์สิทธิ์ ลิ้มลือชา ตำแหน่ง วิศวกร

บริษัท พีโอซี เทคโนโลยี จำกัด

วุฒิกการศึกษา วศ.ม (ไฟฟ้า)

2. ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินสมรรถนะ

2.1 นาย ณรงค์ มั่นมั่นคง

ตำแหน่ง ผู้จัดการ

บริษัท ยูไนเต็ทเทเลคอม เซล แอนด์ เซอร์วิสจำกัด

วุฒิกการศึกษา วศ.บ (อิเล็กทรอนิกส์)

2.2 ณัฐพงษ์ สัจจะนราภรณ์

ตำแหน่ง วิศวกร

บริษัท ยูไนเต็ทเทเลคอม เซล แอนด์ เซอร์วิสจำกัด

วุฒิกการศึกษา วท.บ (อิเล็กทรอนิกส์)

2.3 นาย สิทธิเดช ดารากุล

ตำแหน่ง ซุปเปอร์ไวเซอร์

บริษัท เอฟซี เอ็มจีอี ยูพีเอส ซิสเต็ม เอสเอ ประเทศไทย จำกัด

วุฒิกการศึกษา คอ.บ (ไฟฟ้า)

2.4 นาย ไพศาล วิริยกุลไพศาล

ตำแหน่ง ผู้จัดการโครงการ

บริษัท เอฟซี เอ็มจีอี ยูพีเอส ซิสเต็ม เอสเอ ประเทศไทย จำกัด

วุฒิกการศึกษา วศ.บ (ไฟฟ้า)

2.5 นายธานี สายแวว

ตำแหน่ง วิศวกร

บริษัท เอฟซี เอ็มจีอี ยูพีเอส ซิสเต็ม เอสเอ ประเทศไทย จำกัด

วุฒิกการศึกษา วท.บ (อิเล็กทรอนิกส์)

ภาคผนวก ค

แบบประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องตรวจสอบ ไซโดด ทรานซิสเตอร์
และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์

แบบประเมิน

ประสิทธิภาพ เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพ ของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทดสอบการใช้งานเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท กับไดโอด จำนวน 5 ตัว ทรานซิสเตอร์ จำนวน 5 ตัว และเฟท จำนวน 5 ตัว โดยทดสอบประสิทธิภาพ 2 ด้าน คือ

2.1 ความสามารถในการวัดและแสดงผล ชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท

2.2 ความสามารถในการวัดและแสดงผลค่า ของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

ผลประมวลการทำงานของ เครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจสอบประสิทธิภาพ 2 ด้านเปรียบเทียบกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์ของการประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาทำเครื่องหมาย ☒ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ ปี

3. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า

☐ ปริญญาโทหรือเทียบเท่า

☐ ปริญญาเอกหรือเทียบเท่า

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ)

4. ประสบการณ์ทำงาน ด้านวงจรไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ และวงจร
ควบคุม/เครื่องทดสอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์/รีเลย์ ปี

5 ตำแหน่งและหน้าที่ในหน่วยงาน

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพ ของ เครื่องตรวจสอบ
ไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อเสนอแนะในการออกแบบประเมิน

1. แบบประเมินประสิทธิภาพตอนที่ 2 เป็นการประเมินประสิทธิภาพ ของ เครื่องตรวจสอบไดโอด
ทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจสอบค่าดังนี้

1.1 ตรวจสอบ ชนิดของ ทรานซิสเตอร์ และเฟท

1.2 ตรวจสอบ ขา ของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

2. กรณำบันทึกค่าที่วัดได้ดังต่อไปนี้ลงในตาราง

2.1 การทดสอบวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์ กับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

2.2 การทดสอบวัดหาชนิดของ เฟท กับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

2.3 การทดสอบวัดหาขาของ ไดโอด กับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

2.4 การทดสอบวัดหาขาของ ทรานซิสเตอร์ กับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

2.5 การทดสอบวัดหาขาของ เฟท กับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

3. โปรดตรวจสอบค่าที่ได้จากการทดสอบ เปรียบเทียบกับค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิตกำหนด
มา และโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 2 ระดับตามความคิดเห็นของท่าน หลัง
ทดลองใช้งานเครื่องทดสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ การวัดหาชนิดของ ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์	แสดงผลชนิดที่วัดได้	คาต้าชีท	ผลการทดสอบ	
			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SB857		PNP		
BC546		NPN		
BC548		NPN		
H1061		NPN		
2SC3150		NPN		

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ การวัดหาชนิดของ เฟท

เฟท	แสดงผลชนิดที่วัดได้	คาต้าชีท	ผลการทดสอบ	
			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SK30		NJFET		
2SK33		NJFET		
2SK19		NJFET		
2SK43		NJFET		
2SK41		NJFET		

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ การวัดหาชนิดของ ไดโอด

ไดโอด	แสดงผลค่าที่วัดได้	คาต้าชีท	ผลการทดสอบ	
			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
1N4001		K,A		
1N4002		K,A		
1N4003		K,A		
1N4004		K,A		
1N4005		K,A		

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ การวัดหาของ ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์	แสดงผลค่าที่วัดได้	ค่าตัวชี้ท	ผลการทดสอบ	
			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SB857		BCE		
BC546		CBE		
BC548		CBE		
H1061		BCE		
2SC3150		BCE		

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ การวัดหาของ เฟท

เฟท	แสดงผลค่าที่วัดได้	ค่าตัวชี้ท	ผลการทดสอบ	
			ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
2SK30		SGD		
2SK33		DSG		
2SK19		DSG		
2SK43		DSG		
2SK41		DSG		

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง

ประเมินเมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.

แบบประเมิน

สมรรถนะเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 3 ด้าน ประกอบด้วย

1. ด้านกายภาพ มีทั้งหมด 6 ข้อ
2. ด้านการใช้งาน มีทั้งหมด 5 ข้อ
3. ด้านการบำรุงรักษา มีทั้งหมด 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์ของการประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาทำเครื่องหมาย ☒ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
5. อายุ ปี
6. ระดับการศึกษา
 - ☐ ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
 - ☐ ปริญญาโทหรือเทียบเท่า
 - ☐ ปริญญาเอกหรือเทียบเท่า
 - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ)

7. ประสบการณ์ทำงาน ด้านวงจรไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ และวงจร
ควบคุม/เครื่องทดสอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์/รีเลย์ ปี

5 ตำแหน่งและหน้าที่ในหน่วยงาน

.....
.....
.....
.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟท
โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อเสนอแนะในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินสมรรถนะตอนที่ 2 เป็นการประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไดโอด
ทรานซิสเตอร์และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 3 ด้าน คือ

1.1 ด้านกายภาพ มีทั้งหมด 6 ข้อ

1.2 ด้านการใช้งาน มีทั้งหมด 5 ข้อ

1.3 ด้านการบำรุงรักษา มีทั้งหมด 5 ข้อ

2. กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน
หลังจากตรวจสอบวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ และทดลองใช้งานเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์
และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีค่าระดับคะแนนที่กำหนดไว้ดังนี้

5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง

1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

แบบประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์และเฟทโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1. <u>ด้านกายภาพ</u>						
1.	ความแข็งแรงของโครงสร้าง					
2.	รูปทรงเหมาะสมกับการใช้งาน					
3.	โทนสีของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งาน					
4.	ความเรียบร้อยในการจัดวางวัสดุ					
5.	ความสะอาดในการใช้งานของเครื่อง					
6.	ความเหมาะสมในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้าง					
2. <u>ด้านการใช้งาน</u>						
1.	ขั้นตอนการใช้ทดสอบไม่ยุ่งยาก					
2.	การเคลื่อนย้ายเครื่องมีความสะดวก					
3.	การถอดและประกอบเครื่อง ผู้ใช้สามารถทำได้					
4.	ติดตั้งเครื่องได้ง่าย รวดเร็ว					
5.	มีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร					
3. <u>ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม</u>						
1.	สามารถเปลี่ยนอะไหล่ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องได้					
2.	ตรวจสอบแก้ไขข้อเสียจากการ					

	ใช้งานได้					
3.	สามารถแยกส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเครื่องได้					
4.	การสร้างเครื่องทดสอบใช้อุปกรณ์ ที่ทำได้ง่ายและราคาประหยัด					
5.	สะดวกในการแก้ไขข้อบกพร่อง และจุดเสียของเครื่อง					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาแสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสมรรถนะเครื่องตรวจสอบไดโอดทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ด้านกายภาพ

.....

.....

.....

.....

3.2 ด้านการใช้งาน

.....

.....

.....

.....

3.3 ด้านการบำรุงรักษา

.....

.....

.....

.....

3.4 อื่น ๆ

.....

ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง

ประเมินเมื่อวันที่ เดือน พ.ศ.

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งาน เครื่องตรวจสอบ ไซโดด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้
ไมโครคอนโทรลเลอร์

คู่มือ

การใช้งาน เครื่องตรวจสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟลโตดโดยใช้
ไมโครคอนโทรลเลอร์

คำนำ

คู่มือฉบับนี้ เป็นวิธีการใช้งานเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทำความเข้าใจการทำงานของเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้งานได้อย่างถูกต้อง

ดังนั้นผู้วิจัยหวังว่าคู่มือการใช้งานเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ฉบับนี้จะช่วยทำให้ผู้ใช้งานเครื่องมือนี้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการ

บุญญฤทธิ์ บุญโกมล

สารบัญ		
ลำดับที่		หน้า
1.	คำแนะนำเบื้องต้น	114
2.	ส่วนประกอบ	114
3.	วิธีการติดตั้งและการใช้งาน	114
4.	วิธีการบำรุงรักษา	115
5.	คำแนะนำเพิ่มเติม	115

1. คำแนะนำเบื้องต้น

เครื่องทดสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบ หาชนิด ขา ของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท ในห้องปฏิบัติการทดสอบ หรือในห้องเรียนที่ต้องการทราบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เกี่ยวกับการทดสอบ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

2. ส่วนประกอบ

- 2.1 สวิตช์ปิดเปิดเครื่อง
- 2.2 สวิตช์รีเซ็ตเครื่อง
- 2.3 จุดต่อวัดอุปกรณ์
- 2.3 วงจรแสดงผล
- 2.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า
- 2.5 วงจรประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3. วิธีการติดตั้งและใช้งาน

วิธีการติดตั้ง

- 3.1 วางเครื่องทดสอบให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน
- 3.2 เสียบปลั๊กไฟ 220v
- 3.3 เปิดสวิตช์เปิดเครื่อง
- 3.4 ต่อไดโอดที่ต้องการทดสอบเข้าที่จุดวัด
- 3.5 ต่อทรานซิสเตอร์ที่ต้องการทดสอบเข้าที่จุดวัด
- 3.6 ต่อเฟทที่ต้องการทดสอบเข้าที่จุดวัด

การใช้งาน

การใช้งานเครื่องทดสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟทนั้น มีหลักการทำงานโดย ถ้าต้องการตรวจวัด ไดโอด ใช้จุดต่อวัด 1 และ เจ3 ในการวัด เครื่องจะแสดงผลการวัดที่หน้าจอแอลซีดี ถ้าต้องการวัดทรานซิสเตอร์ และเฟท ให้ใช้จุดวัด 1 2 และ 3 ในการวัดเครื่องจะแสดงผลการวัดที่หน้าจอแอลซีดี

4. วิธีการบำรุงรักษา

เมื่อต้องการใช้งานเครื่องทดสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟทโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัยและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ควรปฏิบัติตามข้อแนะนำต่อไปนี้

- 4.1 หลังจากใช้งานทุกครั้ง ควรปิดสวิทช์ไฟฟ้าเสมอ
- 4.2 ระวังอย่าให้ฝุ่นละอองจับบริเวณตัวเครื่อง โดยเฉพาะขั้วต่อและปุ่มกดต่างๆ เพราะอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดได้
- 4.3 หากไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานๆ ควรถอดสายทดสอบออก และอย่าให้อุปกรณ์ต่างๆ ถูกความชื้นหรือไอน้ำ
- 4.4 การติดตั้งและใช้งานของเครื่องควรอยู่ในอุณหภูมิที่ได้รับการควบคุม หรือไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส และมีอากาศถ่ายเทสะดวก
- 4.5 ไม่ควรให้เครื่องตกกระแทกหรือ มีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง
- 4.6 หากพบปัญหาระหว่างการใช้งานควรปรึกษาช่างผู้ชำนาญการ ไม่ควรซ่อมแซมหรือแก้ไขด้วยตนเอง

5. คำแนะนำเพิ่มเติม

ข้อควรปฏิบัติ

1. ควรใช้ห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ เช่นห้องปรับอากาศ ในการทดสอบการทำงานถ้าต้องทำการทดสอบเป็นเวลานาน

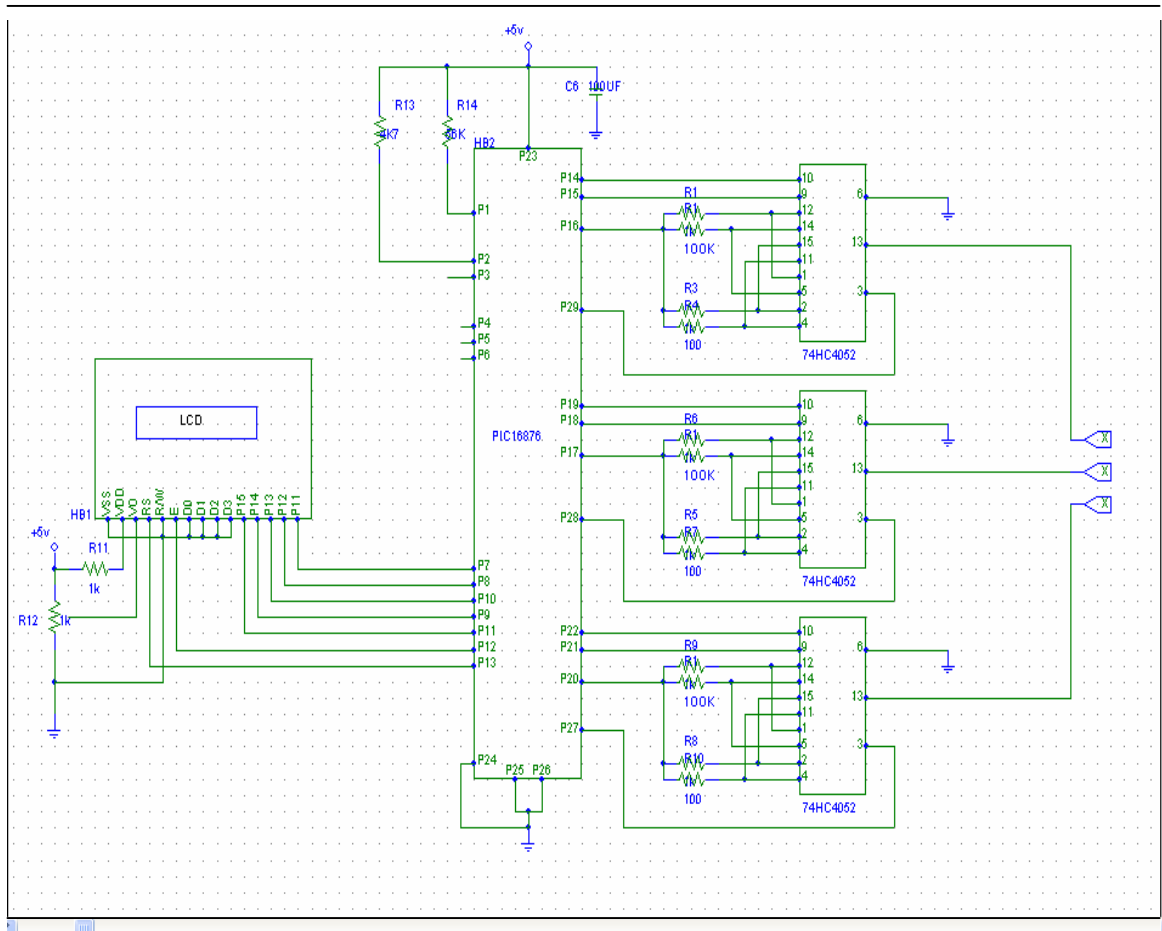
2. ควรวางเครื่องทดสอบบนพื้นผิวที่เรียบและแข็งแรง เช่น โต๊ะ ชั้นวาง เป็นต้น

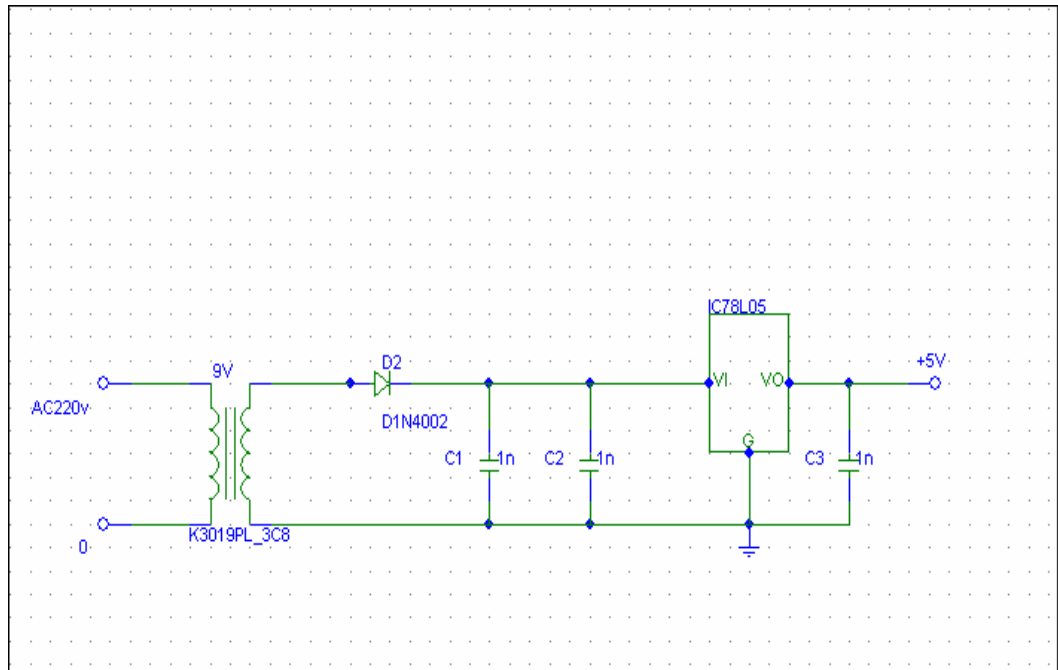
ข้อห้าม

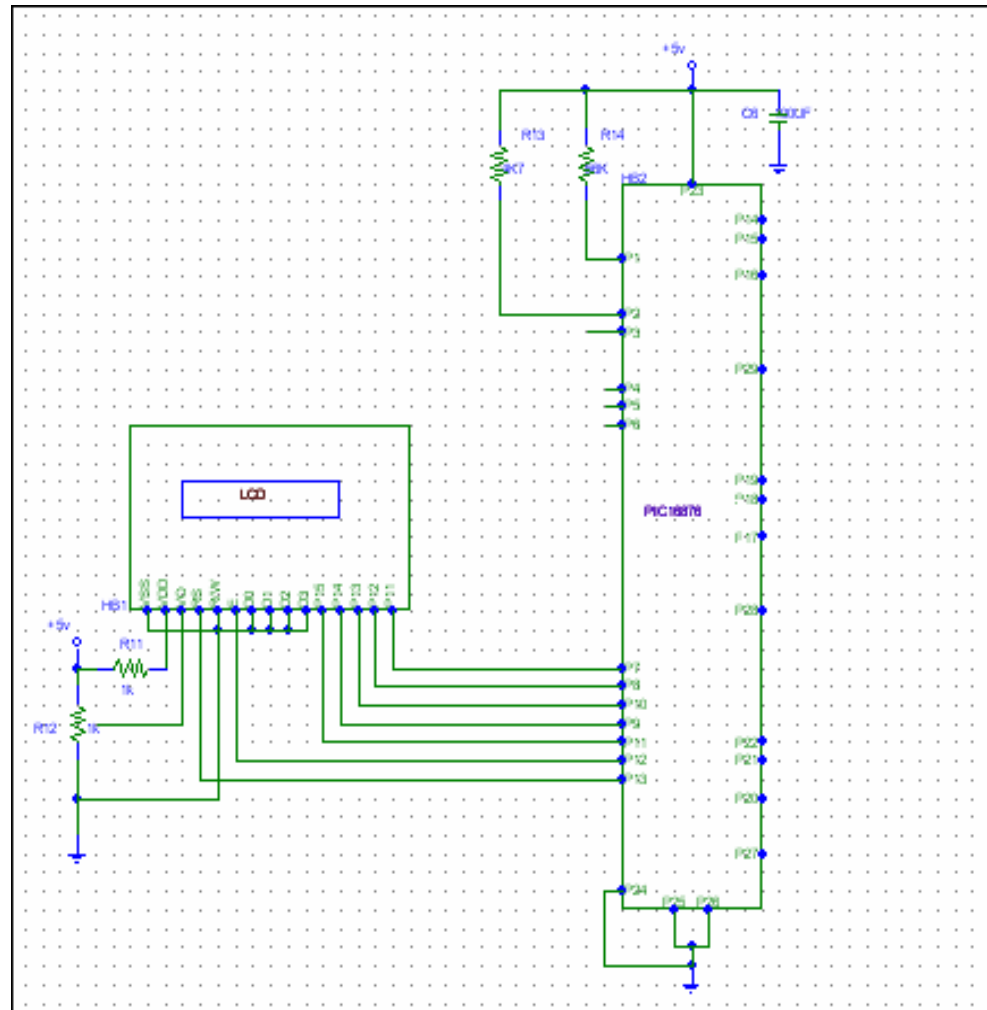
1. ห้ามวางเครื่องไว้บริเวณขอบโต๊ะ หน้าต่างหรือบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์ในปริมาณมาก
2. ห้ามใช้เครื่องในที่ที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง
3. ห้ามใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองมากหรือเปียกชื้น
4. ห้ามจับสายปลั๊กคิงในกรณีเลิกใช้ ให้จับที่หัวปลั๊กแล้วดึงออก

ภาคผนวก จ

วงจร เครื่องตรวจสอบ ไซโดด ทรานซิสเตอร์ และเฟทโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์







ภาคผนวก จ
ขั้นตอนในการประกอบ และการทดลอง



ภาพประกอบ 65 แสดงการเจาะกล่องพลาสติกสำหรับติดตั้งอุปกรณ์



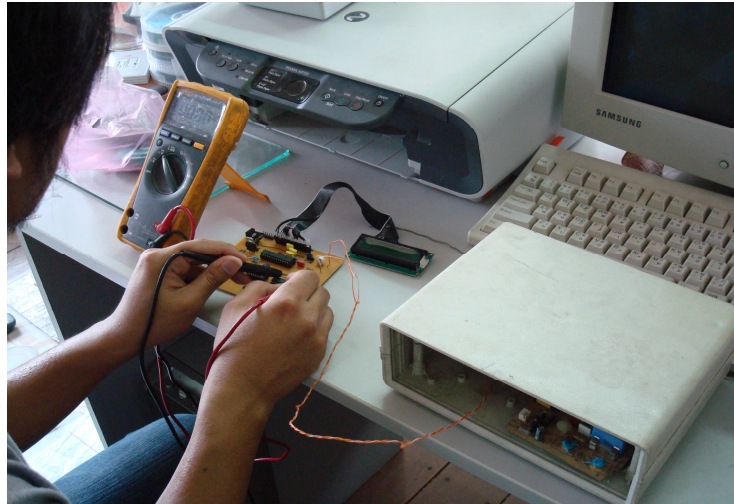
ภาพประกอบ 66 แสดงการตัดกล่องพลาสติกเพื่อใส่อุปกรณ์



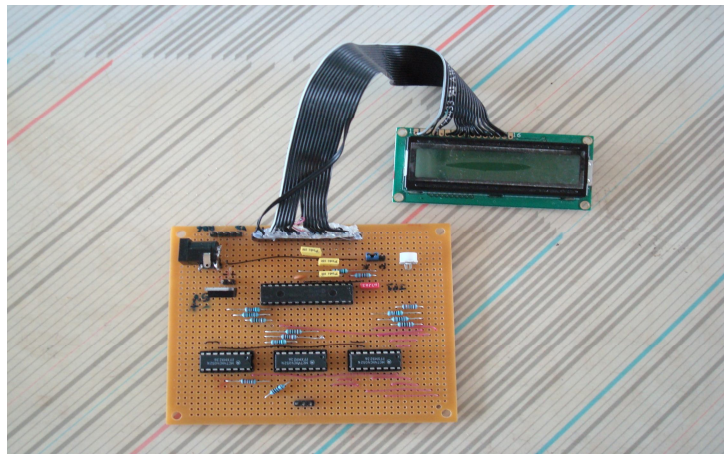
ภาพประกอบ 67 แสดงการตะไบเพื่อเก็บรายละเอียด



ภาพประกอบ 68 แสดงการบัดกรีอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรทดสอบ



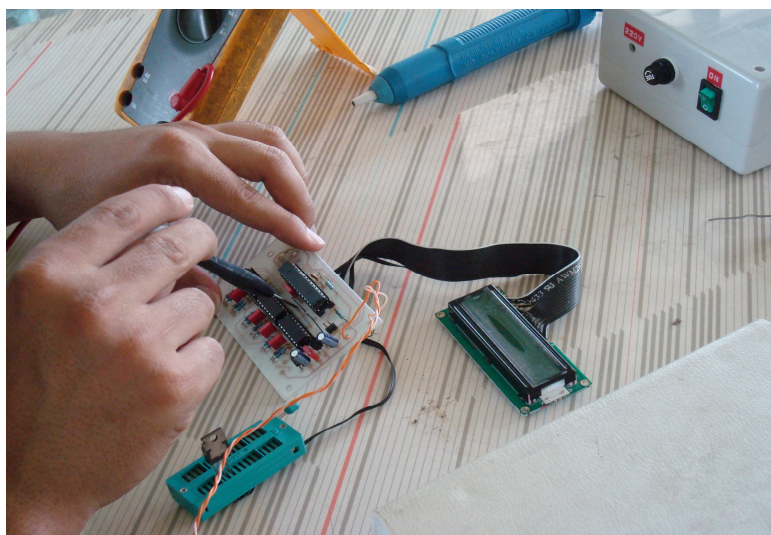
ภาพประกอบ 69 แสดงการทดสอบวงจรเพื่อทดสอบก่อนใช้งานจริง



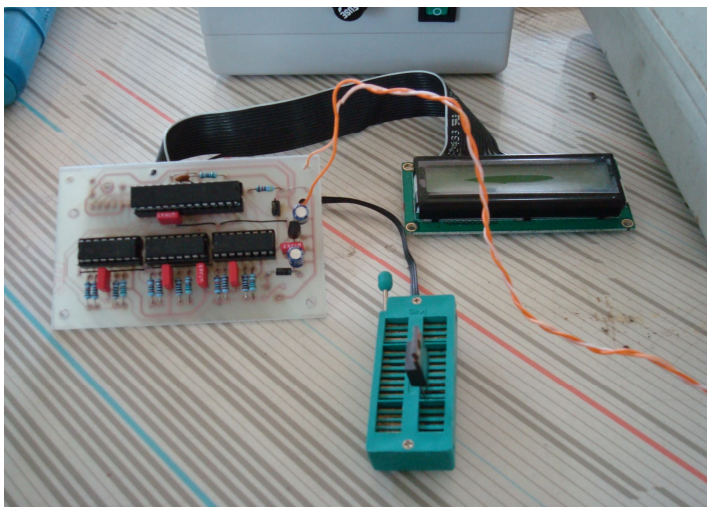
ภาพประกอบ 70 แสดงวงจรทดสอบที่ทดลองปรับแต่งแล้ว



ภาพประกอบ 71 แสดงการบัดกรีเพื่อต่ออุปกรณ์เพื่อใช้งานจริง



ภาพประกอบ 72 แสดงการปรับแต่ง และทดสอบเครื่องเพื่อความถูกต้อง



ภาพประกอบ 73 แสดงรูปอุปกรณ์ที่ปรับแต่งสมบูรณ์แล้ว



ภาพประกอบ 74 แสดงผู้เชี่ยวชาญทดสอบเครื่องตรวจสอบไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟท

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นาย บุญญฤทธิ์ บุญโกมล
วันเดือนปีเกิด	11 ตุลาคม พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	88/156 หมู่ 6 แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน จ. กรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	111/31 หมู่ 1 แขวงสามตำ เขตบางขุนเทียน จ. กรุงเทพฯ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บ. เอ็มจีอี ยูพีเอส ซิสเต็ม เอสเอ ประเทศไทย จำกัด อาคารรุ่งโรจน์ธกุล ชั้น 13 เขตห้วยขวาง จ. กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบางขุนเทียน
พ.ศ. 2538	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จาก วิทยาลัยเทคนิคราชสีหราชราม
พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จาก วิทยาลัยเทคนิคราชสีหราชราม
พ.ศ. 2545	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์
พ.ศ. 2551	ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ