รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การแก้ไขและพัฒนาระบบทดสอบสำหรับวงจรรวมประเภทเวเฟอร์
Wafer Sort Test Solution Development

นายธนัท เมธาวุฒิกีรติ

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148499

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การแก้ไขและพัฒนาระบบทดสอบสำหรับวงจรรวมประเภทเวเฟอร์

Wafer Sort Test Solution Development

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148499
วัน.เดือน.ปี 30 ตค. 2560

นายธนัท เมธาวุฒิกีรติ

b.12870961
i.....

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	การแก้ไขและพัฒนาระบบทดสอบสำหรับวงจรรวมประเภทเวเฟอร์
นักศึกษา	นายธนัท เมธาวุฒิกีรติ รหัสประจำตัว 56010565
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงงานสหกิจศึกษาที่บริษัท แม็กซิมอินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเรียนรู้กระบวนการทำงานของวิศวกรทดสอบ (Test Development Engineer) ซึ่งทำหน้าที่ในการออกแบบระบบ(Test system) ที่ใช้ในการทดสอบวงจรรวมเพื่อให้แน่ใจว่าได้ส่งวงจรรวมที่ดีมีคุณภาพไปให้แก่ลูกค้า โดยหน้าที่ของวิศวกรทดสอบคือการออกแบบทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบวงจรรวม และโปรแกรมสำหรับทดสอบทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพื่อคัดแยกคุณภาพของชิ้นงาน รวมไปถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อให้ระบบทดสอบมีความสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Wafer Sort Test Solution Development
Student	Mr. Tanut Maetawutkerati Student ID 56010565
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2016
Project Advisor	Mr. Chaloemphun Wangwiwattana

ABSTRACT

The purpose of this COOP training project, at Maxim Integrated Products Thailand, is to learn about working process of Test Development Engineer which an engineer who design a test system to determine whether products are good or not for deliver only good products to customer. Test engineers have to design either hardware, for use to test a device, or software, for design testing functions. Finally the responsibility for test integrity is included.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของนางสาวกีรติญา แก้วผลึก ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้นิเทศงาน และพนักงานท่านอื่นๆ ในบริษัทแม็กซิมอินทริเกรทเต็ดโปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการออกแบบระบบทดสอบชิ้นงาน อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานจนทำให้ระบบทดสอบชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณพี่ๆ พนักงานในบริษัทแม็กซิมอินทริเกรทเต็ดโปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด และคณะอาจารย์ในสถาบันฯ ที่ได้เปิดโอกาส และให้ข้อแนะนำและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านตลอดการทำโครงงานในครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการโครงงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนสามารถสำเร็จโครงงานได้

ธนัท เมธาวุฒิกีรติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 4

2.1 หลักการ 4

2.1.1 เครื่องทดสอบ (Tester) 4

2.1.2 แผงวงจรทดสอบชิ้นงาน (Hardware board) 5

2.1.3 ชิ้นงาน หรือวงจรรวม(Integrated Circuit :IC) 5

2.2 ทฤษฎี 6

2.2.1 เครื่องทดสอบ (Tester) 6

2.2.1.1 แหล่งจ่ายพลังงานอิสระ (Independent source) 6

2.2.1.2 เครื่องมือวัด (Multi meter) 6

2.2.2 ตัวต้านทาน(Resistor) 7

2.2.3 ตัวเก็บประจุ(Capacitor) 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ออปแอมป์(Op-Amp) 9

2.2.4.1 วงจรขยายแบบกลับเฟส(Inverting Amplifier) 9

2.2.4.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส(Non-Inverting Amplifier) 10

2.2.5 ทรานซิสเตอร์(Transistor) 11

2.2.5.1 ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์(Bipolar-Transistor :BJT) 12

2.2.5.2 ทรานซิสเตอร์ชนิดสนามไฟฟ้า(Field Effect Transistor : FET) 13

2.2.6 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตช์ (Step-down DC/DC Converter : Buck converter) 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 17

3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการดำเนินโครงงาน 17

3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง 17

3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยทดลอง 18

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง 18

3.3.2 วิธีการทดลอง 18

3.4 ขั้นตอนออกแบบระบบทดสอบวงจรรวม 19

3.4.1 ศึกษา วางแผนและออกแบบระบบ 20

3.4.1.4.1 การทดสอบแผงวงจรทดสอบ(Hardware checker) 28

3.4.2 การทดลองและแก้ไขระบบ(Debugging) 32

3.4.3 การทดสอบเสถียรภาพของระบบ 33

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 34

4.1 การทดสอบแผงวงจร(Hardware checker) 35

4.1.1 การทดสอบวัดค่าความต้านทาน 35

4.1.2 การทดสอบวัดค่าความจุไฟฟ้า 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบหน้าสัมผัส(Contact test) 37

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 39

5.1 สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง 39

5.2 ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงเงื่อนไขในการทำงานที่ย่านต่างๆ ของมอสเฟท....13
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลขีดจำกัดและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ MAX20075....21
ตารางที่ 3.2 แสดงถึงตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขั้วไฟฟ้าจุดต่างๆ....22
ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดสอบชิ้นงาน MAX20075....32
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของมัลติมิเตอร์รุ่น FLUKE 289....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 แผนผังการทดสอบวงจรรวม....4

รูปที่ 2.2 วงจรรวม....5

รูปที่ 2.3 แบบจำลองโวลท์มิเตอร์....6

รูปที่ 2.4 แบบจำลองแอมป์มิเตอร์....7

รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของกฎของโอห์ม....8

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ....8

รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าของออปแอมป์....9

รูปที่ 2.8 วงจรขยายแบบกลับเฟส....10

รูปที่ 2.9 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส....10

รูปที่ 2.10 แบบจำลองและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN....12

รูปที่ 2.11 โครงสร้างและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของมอสเฟตประเภทเอ็น-แชแนล(NMOS)....13

รูปที่ 2.12 วงจรขยายแบบซอร์สร่วม(Common Source Amplifier)....14

รูปที่ 2.13 การประยุกต์ใช้มอสเฟทเป็นสวิตซ์....14

รูปที่ 2.14 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตซ์....15

รูปที่ 2.15 ระดับแรงดันเอาท์พุท เมื่อเทียบแรงดันอินพุท....15

รูปที่ 2.16 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรง (Buck converter)....16

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงแผนการทำงานในการออกแบบระบบทดสอบชิ้นงาน....19

รูปที่ 3.2 แผงผังการทดสอบไดโอดภายใน....24

รูปที่ 3.3 ลายวงจรของวงจรทดสอบ....25

รูปที่ 3.4 รอยต่อแบบเคลวิน(Kelvin contact)....25

รูปที่ 3.5 แผนผังระบบการทดสอบของชิ้นงาน....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ หน้า

รูปที่ 3.6 แผนผังการทดสอบหาค่าความต้านทาน....29
รูปที่ 3.7 แผนผังการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้า....31
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองทดสอบแผงวงจรจากเครื่องทดสอบ....36
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองทดสอบแผงวงจรจากมัลติมิเตอร์....36
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองการทดสอบหน้าสัมผัสจากเครื่องทดสอบ....37
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการทดสอบหน้าสัมผัสจากมัลติมิเตอร์....37
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองหน้าสัมผัสจากเครื่องทดสอบกรณีชิ้นงานบกพร่อง....38
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองหน้าสัมผัสจากมัลติมิเตอร์กรณีชิ้นงานบกพร่อง....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดส่งผลให้เกิดนวัตกรรมที่ทันสมัยขึ้นอย่างต่อเนื่อง สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตไปอย่างมาก เช่นโทรศัพท์แบบเคลื่อนที่ได้เปลี่ยนมาเป็นสมาร์ทโฟน(Smart Phone) โทรทัศน์จอแบน(LED) มีความละเอียดของภาพที่คมชัดมากขึ้นทั้งยังขนาดของเนื้อที่เล็กลงมากเมื่อเทียบกับโทรทัศน์แบบจอแก้ว(CRT) รถยนต์ที่มีระบบช่วยเหลือในการขับขี่เพิ่มขึ้นมากมาย นวัตกรรมเหล่านี้ส่งผลให้วิถีการใช้ชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และความต้องการนวัตกรรมที่มีความทันสมัยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น

เทคโนโลยีสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งประดิษฐ์สมัยใหม่ คือการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีในการผลิตสารกึ่งตัวนำเพื่อใช้ในการผลิตวงจรรวม(Integrated Circuit : IC) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวข้างต้นทั้งสิ้น การออกแบบและผลิตวงจรรวมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติตามต้องการเพื่อนำไปใช้งาน แต่เนื่องจากว่าในกระบวนการผลิตวงจรรวมนั้นเป็นไปไม่ได้ที่จะสามารถผลิตวงจรรวมได้อย่างสมบูรณ์แบบทุกชิ้น ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบระบบทดสอบเพื่อใช้ในการทดสอบและคัดแยกชิ้นงานที่บกพร่องเหล่านี้ออกไปก่อนจะถูกนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของวิศวกรทดสอบ

1.2.2 เพื่อศึกษาและทดลองออกแบบระบบสำหรับทดสอบวงจรรวม

1.2.3 เพื่อฝึกทักษะในกระบวนการคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบทดสอบ

1.2.4 เพื่อเป็นการนำความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้งานจริงในสายอาชีพ

1.2.5 เพื่อเป็นการเพิ่มความรู้ และประสบการณ์ในสายงานทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ระบบทดสอบวงจรรวม(Test system) เป็นระบบทดสอบที่ทำหน้าที่ในการทดสอบคุณสมบัติของวงจรรวมหรือชิ้นงานเพื่อคัดแยกคุณภาพของชิ้นงานก่อนนำออกไปใช้งาน ซึ่งในระบบทดสอบจะประกอบไปด้วย เครื่องทดสอบ(Tester) แผงวงจรทดสอบ(Hardware board) และวงจรรวมหรือชิ้นงานที่ทดสอบ (Device) ในการทดสอบชิ้นงานนั้นสามารถทำได้โดยการกำหนดอินพุทของวงจรรวม โดยการจ่ายไฟจากเครื่องทดสอบในเงื่อนไขต่างๆ แล้ววัดผลที่ได้ของวงจรรวมเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในข้อมูลวงจรรวม(Datasheet) เพื่อคัดแยกคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนการออกแบบระบบทดสอบชิ้นงานนั้นเริ่มจากการศึกษาการทำงานของวงจรรวมนั้นๆ เพื่อวางแผนในการออกแบบแผงวงจรทดสอบและโปรแกรมสำหรับทดสอบ(Test program) การออกแบบแผงวงจรทดสอบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยแฝงต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระบบการวัดและทำการลดปัจจัยเหล่านั้นออกไป เช่นการใช้หลักการสี่สายส่ง (Four-terminal sensing) ในการวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์นั้นๆ เพื่อลดปัญหาความต้านทานภายในเครื่องมือวัดออกไปได้ ในส่วนของโปรแกรมทดสอบนั้นจะต้องเข้าใจถึงการทำงานของชิ้นงานที่จะทำการทดสอบเพื่อที่จะกำหนดอินพุทของวงจรรวมสำหรับใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ โดยที่ระบบที่ทำการวัดต้องไม่ส่งผลทำให้ชิ้นงานเสียหาย เช่นการกำหนดลำดับขั้นของการจ่ายอินพุทแก่ชิ้นงาน การควบคุมขนาดของสัญญาณไม่ให้เกินความสามารถที่ชิ้นงานจะสามารถรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบทดสอบสำหรับทดสอบชิ้นงานประเภทเวเฟอร์(Wafer) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ โดยเรียนรู้การใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบและตรวจสอบวงจรที่เป็นฮาร์ดแวร์ของระบบทดสอบ และออกแบบซอร์ฟแวร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ที่อยู่บนฮาร์ดแวร์ให้สามารถทำการทดสอบชิ้นงานในคุณสมบัติบางประการได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจกระบวนการทำงาน และระบบในการทำงานของวิศวกรทดสอบ

1.5.2 เข้าใจหลักการในการออกแบบระบบสำหรับใช้ทดสอบวงจรรวม

1.5.3 เข้าใจถึงผลกระทบที่เกิดจากระบบการวัด และสามารถแก้ไขปัญหาได้

1.5.4 เข้าใจถึงหลักการทำงานและการออกแบบขั้นพื้นฐานของวงจรรวม

1.5.5 สามารถออกแบบโปรแกรมสำหรับทดสอบวงจรรวมได้

1.5.6 สามารถที่จะนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในอนาคตได้

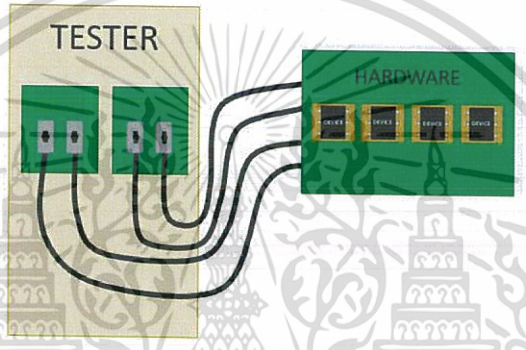
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการ

สำหรับองค์ประกอบของระบบทดสอบวงจรรวมสามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนผังการทดสอบวงจรรวม

2.1.1 เครื่องทดสอบ (Tester)

เครื่องทดสอบคืออุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายพลังงาน(Power Supply) ที่มีคุณสมบัติในการจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้ทั้งสองทิศทาง และเครื่องมือวัดที่สามารถวัดแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าได้ โดยเครื่องทดสอบสามารถจ่ายพลังงานและวัดค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าได้พร้อมกัน ซึ่งสามารถควบคุมได้ผ่านการโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลักการที่สำคัญของเครื่องทดสอบคือความแม่นยำและความเที่ยงตรงของแหล่งจ่ายพลังงาน และความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด เครื่องทดสอบที่ดีจะต้องมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูง และสามารถจ่ายแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าตามที่ต้องการโดยไม่ขึ้นกับปัจจัยภายนอก ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้หลักการของการป้อนกลับเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่กำหนด เพื่อให้แหล่งจ่ายพลังงานสามารถจ่ายแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าได้ตรงกับที่กำหนด และการใช้หลักการวัดแบบสี่สายส่ง(Four-terminal sensing) เพื่อลดผลกระทบจากความต้านทานภายในของเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 แผงวงจรทดสอบชิ้นงาน (Hardware board)

เนื่องจากในการทำงานของชิ้นงานที่ทดสอบนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการนำอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ มาประกอบเพื่อทำให้ชิ้นงานสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องจึงต้องมีการออกแบบแผงวงจรเพื่อใช้ในการทดสอบชิ้น เช่นการต่อตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานเสมือนการนำชิ้นงานนั้นไปใช้งานจริงเพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องของการทำงาน การต่อวงจรตามแรงดันหรือบัฟเฟอร์(Buffer) เพื่อป้องกันผลกระทบจากการต่อชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบ การป้องกันตัวชิ้นงานจากกรณีที่เกิดไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันโดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าไว้ใกล้กับตัวงาน สาเหตุอีกประการคือจำนวนของแหล่งจ่ายไฟฟ้าและเครื่องวัดมีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรที่ทำหน้าที่ในการสับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้าและเครื่องวัดให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

2.1.3 ชิ้นงาน หรือวงจรรวม(Integrated Circuit :IC)

คือวงจรรวมที่ถูกออกแบบมาให้มีคุณสมบัติตามต้องการ สามารถทำงานได้โดยการกำหนดสภาวะต่างๆ ในตัวงานให้ถูกต้องตามข้อมูลอุปกรณ์(Datasheet) โดยชิ้นงานทุกชิ้นจะต้องถูกทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่ปรากฏตามข้อมูลอุปกรณ์ก่อนที่จะถูกส่งออกไปใช้งาน โดยการทดสอบชิ้นงานนั้นจะเป็นการการันตีว่าชิ้นงานนั้นมีคุณสมบัติตามที่แสดงไว้ในข้อมูลอุปกรณ์ อีกทั้งยังเป็นการคัดกรองชิ้นงานที่ชำรุดหรือเสียหายออกจากชิ้นงานที่ดีก่อนการนำไปใช้งาน

รูปที่ 2.2 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎี

2.2.1 เครื่องทดสอบ (Tester)

2.2.1.1 แหล่งจ่ายพลังงานอิสระ (Independent source)

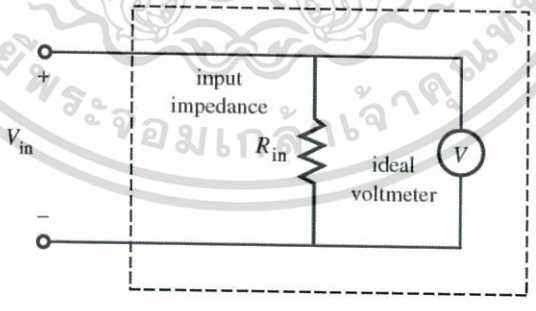
แหล่งจ่ายพลังงานอิสระเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณไฟฟ้าให้แก่วงจรไฟฟ้า โดยแหล่งจ่ายพลังงานในอุดมคตินั้นจะสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าได้ตามที่ระบุ โดยไม่แปรผันตามวงจรไฟฟ้าอื่นๆ ที่มาต่อร่วมกัน แหล่งจ่ายพลังงานอิสระสามารถจ่ายสัญญาณได้ทั้งรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรง(DC) ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) รวมไปถึงการสร้างรูปแบบคลื่นแบบต่างๆ (Function generator)

2.2.1.2 เครื่องมือวัด (Multi meter)

เครื่องมือวัดคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการวัดหาค่าตัวแปรต่างๆ เช่นแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าความต้านทาน ค่าความจุไฟฟ้า

2.2.1.2.1 โวลท์มิเตอร์ (Voltmeter)

โวลท์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างอุปกรณ์ โดยจะทำการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างสองจุดที่ทำการวัด รูปที่ 2.3 แสดงแบบจำลองของโวลท์มิเตอร์ ซึ่งโวลท์มิเตอร์ในอุดมคตินั้นควรจะมีความต้านทานภายใน(R_{in}) สูงมากหรือเป็นอนันต์

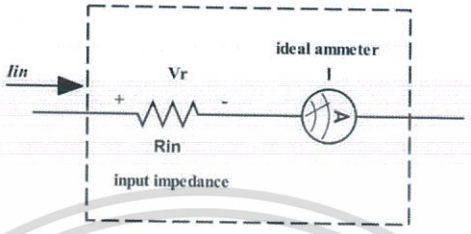


รูปที่ 2.3 แบบจำลองโวลท์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2.2 แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)

แอมป์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวอุปกรณ์ โดยการนำแอมป์มิเตอร์เข้าไปต่ออนุกรมกับอุปกรณ์ที่ต้องการวัด จากรูปที่ 2.4 แสดงแบบจำลองของแอมป์เตอร์ ซึ่งแอมป์มิเตอร์ในอุดมคตินั้นควรจะมีค่าความต้านทานภาย(R_{in}) ในที่ต่ำหรือเป็นศูนย์



รูปที่ 2.4 แบบจำลองแอมป์มิเตอร์

2.2.2 ตัวต้านทาน(Resistor)

ตัวต้านทานคืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดแพสซิฟ(Passive element) ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ตัวต้านทานโดยทั่วไปถูกผลิตมาจากสารประกอบคาร์บอนหรือขดลวด โดยค่าความต้านทาน(Resistance) ซึ่งมีหน่วยเป็นโอห์ม(Ohm) จะมีความแตกต่างกันตามวัสดุที่นำมาผลิต

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะเป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) กล่าวคือแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

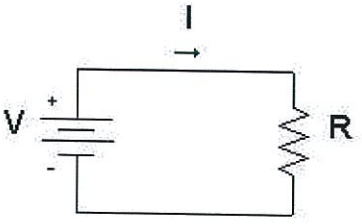
$$V = IR \tag{2.1}$$

เมื่อ V คือแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน มีหน่วยเป็นโวล์ท(Volt : V)

I คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน มีหน่วยเป็นแอมแปร์(Amperes : A)

R คือค่าความต้านทานของอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นโอห์ม(Ohms : Ω)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของกฎของโอห์ม

2.2.3 ตัวเก็บประจุ(Capacitor)

ตัวเก็บประจุคืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดแพสซิฟที่ทำหน้าที่ในการเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปของสนามไฟฟ้า ตัวเก็บประจุจะประกอบไปด้วยแผ่นตัวนำสองแผ่นวางขนานกันแล้วขั้นด้วยฉนวน เมื่อมีแรงดันตกคร่อมระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสองจะทำให้มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปสะสมอยู่ที่แผ่นตัวนำทั้งสอง ซึ่งค่าความจุไฟฟ้า(Capacitance) คืออัตราส่วนระหว่างประจุไฟฟ้าบนแผ่นตัวนำเทียบกับผลต่างแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวเก็บประจุ ดังนั้นสามารถหาค่าความจุไฟฟ้าได้ดังสมการ 2.2

$$q = Cv \tag{2.2}$$

เมื่อ q คือประจุไฟฟ้าที่อยู่บนแผ่นตำนำ มีหน่วยเป็นคูลอมบ์(Coulomb : C)

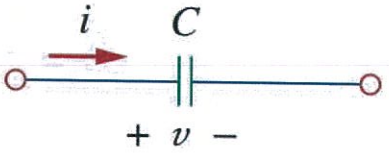
C คือค่าความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นฟารัด(Farad : F)

v คือผลต่างแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างตัวเก็บประจุ (V)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ ณ ขณะเวลาใดๆ สามารถทำได้โดยการหาอนุพันธ์ของสมการที่ 2.2 คือ

$$i = C\frac{dv}{dt} \tag{2.3}$$

เมื่อ i คือกระแสไฟฟ้า ณ ขณะใดๆ ที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ (A)

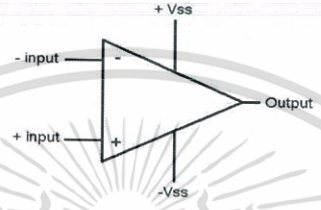


รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ออปแอมป์(Op-Amp)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ที่มีขาอินพุท 2 ขา และมี 1 เอาท์พุท ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขาอินพุททั้งสองจากนั้นจะนำผลจากการเปรียบเทียบไปขยายเป็นแรงดันด้านเอาท์พุทโดยปกตินั้นออปแอมป์จะมีค่าอัตราการขยายแรงดันที่สูงมากดังนั้นถ้าหากแรงดันที่ฝั่งอินพุทขาบวกมากกว่าขาลบของออปแอมป์ ออปแอมป์จะให้แรงดันที่เป็นไฟเลี้ยงบวกของวงจรออกมา และถ้าแรงดันที่ขาลบมากกว่าขาบวก จะให้แรงดันที่เป็นไฟเลี้ยงด้านลบของออปแอมป์ออกมา



รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าของออปแอมป์

ในการพิจารณาการทำงานของออปแอมป์ที่ถูกใช้เป็นวงจรขยายนั้น จะพิจารณาจากคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติซึ่งประกอบไปด้วยกฎ 2 ข้อดังนี้

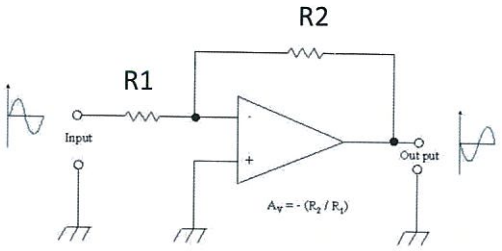
1 ไม่มีความแตกต่างระหว่างแรงดันที่ขาอินพุททั้งสอง

2 ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่ขาอินพุททั้งสอง

2.2.4.1 วงจรขยายแบบกลับเฟส(Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบกลับเฟสจะให้สัญญาณด้านเอาท์พุทที่มีเฟสสลับกับด้านอินพุท โดยการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าไปที่ขาอินเวอร์ติ้ง โดยที่วงจรขยายแบบกลับเฟสนี้จะมีลักษณะเหมือนการป้อนกลับแบบลบ(Negative Feedback) ซึ่งทำให้เอาท์พุทที่ได้มีเสถียรภาพที่ดี วงจรขยายแบบกลับเฟสสามารถนำออปแอมป์มาต่อเป็นวงจรได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

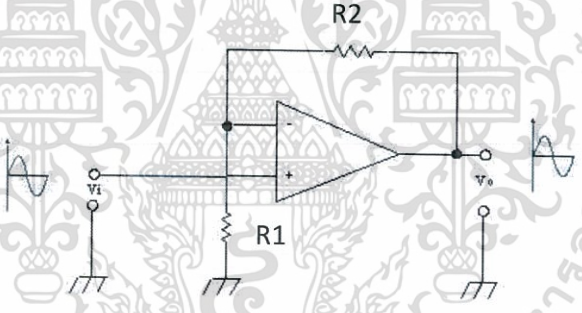


รูปที่ 2.8 วงจรขยายแบบกลับเฟส

แรงดันเอาท์พุทที่ได้คือ $$V_o = -(\frac{R_2}{R_1})V_i \quad (2.4)$$

2.2.4.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส(Non-Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสจะทำการขยายแรงดันด้านอินพุทโดยไม่มีการกลับเฟส โดยการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าไปที่ขานอนอินเวอร์ติ้งดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

แรงดันเอาท์พุทที่ได้คือ $$V_o = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_i \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ทรานซิสเตอร์(Transistor)

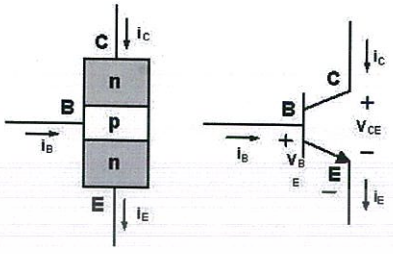
ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอคทีพ(Active element) ทำหน้าที่ในการควบคุมและขยายขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวอุปกรณ์ ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยวัสดุสารกึ่งตัวนำ โดยทั่วไปจะมีขั้วไฟฟ้าสามขั้ว แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายขั้วของทรานซิสเตอร์คู่หนึ่งจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในขั้วของทรานซิสเตอร์อีกคู่หนึ่ง

ด้วยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่สามารถควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นวงจรต่างๆ อย่างแพร่หลาย และเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการสร้างวงจรรวม(IC) ในปัจจุบัน ทรานซิสเตอร์สามารถแยกออกเป็นประเภทหลักตามวิธีการควบคุมกระแสไฟฟ้าได้ 2 ประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.1 ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์(Bipolar-Transistor :BJT)

เป็นทรานซิสเตอร์ที่ประกอบด้วยรอยต่อพีเอ็น(PN-Junction) สองรอยต่อประกอบกันได้แก่ โครงสร้างแบบ NPN และ PNP ซึ่งแตกต่างกันที่ทิศทางของกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม



รูปที่ 2.10 แบบจำลองและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

จากรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่าไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้าสามขั้วคือเบส(Base) คอลเลคเตอร์(Collector) และอิมิตเตอร์(Emitter) โดยที่ขั้วรอยต่อของเบสจะเป็นชนิดที่ตรงข้ามและมีความกว้างของรอยต่อแคบกว่าขั้วต่ออื่น โดยมีหลักการทำงานคือเมื่อแรงดันตกคร่อมระหว่างขั้วอิมิตเตอร์เทียบกับเบสมีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่ม(Threshold voltage : V_T) และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่ขั้วเบส(i_B) จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่ขั้วคอลเลคเตอร์(i_C) ในสัดส่วนดังสมการที่ 2.6 และ 2.7

$$i_C=\beta i_B \tag{2.6}$$

$$i_E=i_B+i_C=(\beta+1)i_B \tag{2.7}$$

เมื่อ i_B คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลที่ขั้วเบส

i_C คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลที่ขั้วคอลเลคเตอร์

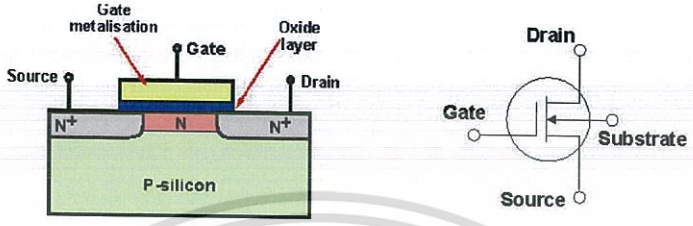
i_E คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลที่ขั้วอิมิตเตอร์

β คืออัตราขยายกระแสไฟฟ้าระหว่าง i_B กับ i_C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 ทรานซิสเตอร์ชนิดสนามไฟฟ้า(Field Effect Transistor : FET)

มอสเฟทเป็นทรานซิสเตอร์ที่ประกอบไปด้วยแผ่นโลหะ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ(Metal-Oxide-Semiconductor : MOS) มีโครงสร้างแบบ NMOS และ PMOS ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าได้โดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอุปกรณ์



รูปที่ 2.11 โครงสร้างและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของมอสเฟตประเภทเอ็น-แชแนล(NMOS)

การควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอสเฟทนั้นสามารถทำได้โดยการจ่ายแรงดันตกคร่อมที่ขั้วเกท (Gate) กับฐานรอง(Substrate) ซึ่งโดยทั่วไปนั้นฐานรองจะต่อร่วมเข้ากับขั้วซอร์ส(Source) เมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่ามากพอกล่าวคือมากกว่าแรงดันขีดเริ่ม จะส่งผลให้เกิดช่องทางเดินกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วซอร์ส และเดรน(Drain) โดยกระแสที่ไหลผ่านเดรนและซอร์สจะแปรผันตรงกับแรงดันที่ตกคร่อมเกท เมื่อแรงดันตกคร่อมเกทมากขึ้น จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากขึ้น

จากหลักการข้างต้นของทรานซิสเตอร์สามารถมาประยุกต์ใช้เป็นวงจรขยาย หรือสวิตซ์สำหรับควบคุมกระแสไฟฟ้าได้ โดยพฤติกรรมของมอสเฟทจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันระหว่างขั้วเกทกับซอร์ส(V_{DS}) แรงดันระหว่างขั้นเกทกับซอร์ส(V_{GS}) และแรงดันขีดเริ่ม(Threshold voltage: V_T) โดยย่านของการทำงานของมอสเฟทจะเป็นไปดังตารางที่ 2.1

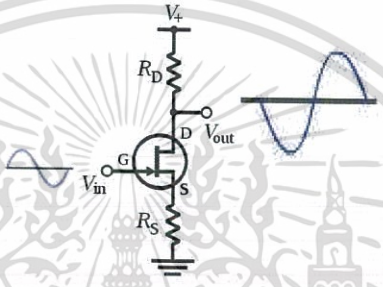
ตารางที่ 2.1 แสดงเงื่อนไขในการทำงานที่ย่านต่างๆ ของมอสเฟท

	$V_{DS} < V_{GS} - V_T$	$V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$
$V_{GS} < V_T$	CUT OFF	CUT OFF
$V_{GS} > V_T$	LINEAR	SATURATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

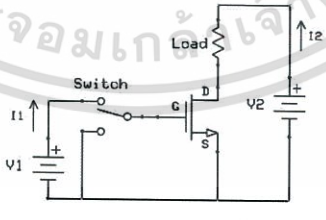
จากตารางที่ 2.1 ข้างต้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อแรงดัน $V_{GS} < V_T$ มอสเฟทจะยังไม่เกิดช่องทางเดินกระแสไฟฟ้า (Channel) หรืออยู่ในสถานะปิด (Cut off) ในสภาวะนี้มอสเฟทจะไม่มีการนำกระแสไฟฟ้า ($I_D = 0$) และจะเริ่มนำกระแสไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อแรงดัน $V_{GS} > V_T$ ซึ่งเป็นจุดที่มอสเฟทได้เกิดช่องทางเดินของกระแสระหว่างขั้วเดรนและซอร์สสมบูรณ์

มอสเฟทที่ทำงานอยู่ในระบบเชิงเส้น(Linear region) จะเป็นช่วงที่มอสเฟทมีการนำกระแสไฟฟ้า(I_D) ที่แปรผันในลักษณะเชิงเส้นกับแรงดัน V_{DS} สามารถทำไปใช้เป็นวงจรขยายแรงดันรูปแบบต่างๆ ได้ดังตัวอย่างวงจรขยายแบบซอร์สร่วมในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรขยายแบบซอร์สร่วม(Common Source Amplifier)

มอสเฟทที่ทำงานอยู่ในระบบอิ่มตัว(Saturation region) จะเป็นช่วงที่มอสเฟทมีกระแสไฟฟ้า(I_D) ไม่แปรผันตามแรงดัน V_{DS} กล่าวคือมีกระแสไฟฟ้าไหลได้มากที่สุดหรือกระแสไฟฟ้าเกิดการอิ่มตัว ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสวิซต์สำหรับเปิดปิดทางเดินกระแสไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 2.13

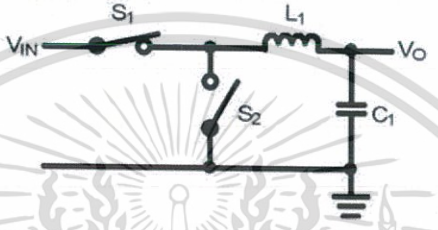


รูปที่ 2.13 การประยุกต์ใช้มอสเฟทเป็นสวิตซ์

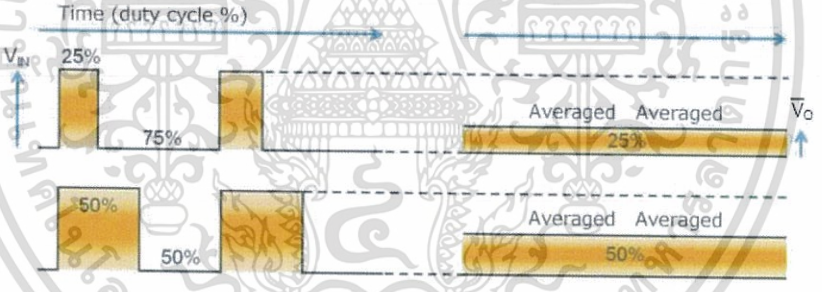
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตซ์ (Step-down DC/DC Converter : Buck converter)

วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตซ์เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการลดระดับแรงดันไฟตรงทางด้านอินพุทให้มีขนาดเล็กลงที่ด้านเอาท์พุท โดยหลักการของการปิดเปิดสวิตซ์โดยเพื่อให้แรงดันเฉลี่ยไฟตรงลดลง จากรูปที่ 2.14 กำหนดให้สวิตซ์ S_1 และ S_2 ทำงานตรงข้ามกัน ถ้าหากสวิตซ์ S_1 ปิดเป็นระยะเวลานานในหนึ่งคาบจะส่งผลให้แรงดันเฉลี่ยที่เอาท์พุทสูงขึ้น หากสวิตซ์ S_1 ปิดเป็นระยะเวลาสั้นในหนึ่งคาบจะส่งผลให้แรงดันเฉลี่ยเอาท์พุทต่ำลง



รูปที่ 2.14 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตซ์



รูปที่ 2.15 ระดับแรงดันเอาท์พุท เมื่อเทียบแรงดันอินพุท

จากรูปที่ 2.15 รอบการทำงาน(Duty cycle : D) ของสวิตซ์(โดยทั่วไปมักคำนวณเป็นร้อยละ) จะกำหนดแรงดันเอาท์พุทของระบบ ถ้าหากระบบมีรอบการทำงานที่ร้อยละ 50 จะส่งผลให้แรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุท ถ้ารอบการทำงานสูงจะส่งผลให้แรงดันเอาท์พุทสูง โดยความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาท์พุทกับอินพุทเป็นดังสมการที่ 2.8 โดยที่ร้อยละของรอบการทำงานมีค่าต่ำสุดคือศูนย์และสูงสุดอยู่ที่หนึ่ง กล่าวคือสวิตซ์ไม่มีการปิดวงจร และสวิตซ์ปิดวงจรตลอดเวลาตามลำดับ

$$\bar{V}_{OUT}=DV_{IN} \tag{2.8}$$

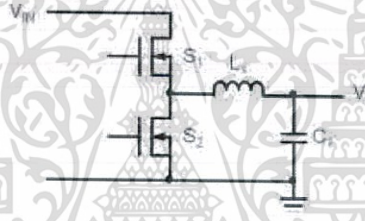
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\bar{V}_{OUT}$ คือแรงดันเอาท์พุทเฉลี่ย (V)

D คือร้อยละของรอบการทำงาน(%Duty cycle)

สวิตซ์ในทางอุดมคตินั้นจะไม่มีกระแสไหลผ่านเมื่อเปิดสวิตซ์ และไม่มีแรงดันตกคร่อมเมื่อปิดสวิตซ์ จากหลักการข้างต้นทำให้วงจรลดระดับแรงดันไฟตรงแบบสวิตซ์มีประสิทธิภาพสูง กำลังงานสูญเสียต่ำ จึงมีความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน

เนื่องจากการทำงานของสวิตซ์ส่งผลให้แรงดันเอาพุทที่ได้มีลักษณะของแรงดันที่เพิ่มขึ้นลดลงอย่างฉับพลัน มีแรงดันกระเพื่อมสูงซึ่งมีผลต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์จึงต้องมีการเพิ่มขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเข้ามาเพื่อกำจัดผลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่กระเพื่อม และใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง (Power transistor) โดยการกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในย่านอิ่มตัวเพื่อทำหน้าที่เสมือนสวิตซ์ในวงจรดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 วงจรลดระดับแรงดันไฟตรง (Buck converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานในครั้งนี้เริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากโครงงานเดิมของวิศวกรที่ปรึกษา เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากตำราและสื่อทางอินเตอร์เน็ต พร้อมทั้งนำความรู้ที่ได้รับจากสถาบันมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรมของโครงงานตนเองเพื่อนำไปทดสอบชิ้นงาน โดยนำโปรแกรมที่ออกแบบไปทดสอบการทำงานรวมทั้งแก้ปัญหาจนสามารถใช้คัดแยกคุณภาพของชิ้นงานได้ โดยตลอดระยะเวลาของการทำโครงงานนั้นได้มีการปรึกษาและรับคำแนะนำจากวิศวกรที่ปรึกษาและวิศวกรท่านอื่นๆ ในบริษัท แม็กซิมอินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด

3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง

การวิจัยทดลองโครงงานในครั้งนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของวงจรรวมชื่อ MAX20075 ซึ่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบจะเป็นลักษณะของตัวแปรต่างๆ ที่ได้มาจากการวัดคุณสมบัติของชิ้นงานจากเครื่องทดสอบ(Tester) โดยข้อมูลที่วัดได้นี้จะถูกนำเสนอออกมาในรูปแบบของตารางข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยค่าที่เครื่องทดสอบวัดได้และขอบเขตของตัวแปรต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้ในการทดสอบ ซึ่งข้อมูลที่วัดมานั้นจะถูกนำมาคัดแยกคุณภาพของชิ้นงานโดยการเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่วัดมาจากชิ้นงานกับขอบเขตที่กำหนดไว้เพื่อคัดแยกชิ้นงานที่สมบูรณ์ออกจากชิ้นงานที่บกพร่อง ถ้าหากชิ้นงานใดที่ทำการทดสอบแล้วมีค่าตัวแปรต่างๆ เกินหรือต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนดจะถูกแยกออกเป็นส่วนของชิ้นงานที่บกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148499

ลักษณะของการทดลองโครงงานในครั้งนี้สามารถที่จะแบ่งได้เป็นสองส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนของการออกแบบและทดสอบแผงวงจรทดสอบวงจรรวม(Hardware checker) สำหรับโครงงานครั้งนี้จะนำโปรแกรมที่ออกแบบมาใช้ในการตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานของแผงวงจรทดสอบที่ถูกทำการออกแบบแล้ว 2.ส่วนของโปรแกรมสำหรับทดสอบวงจรรวม(Test program) โดยทำการทดสอบโปรแกรมที่ทำการออกแบบด้วยการนำโปรแกรมไปใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจรรวม

3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยทดลอง

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง

สำหรับการทดสอบการทำงานของวงจรรวมนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือดังนี้

3.3.1.1 เครื่องทดสอบชิ้นงาน(Tester)

3.3.1.2 วงจรทดสอบชิ้นงาน(Hardware board)

3.3.1.3 เครื่องจับยึดชิ้นงาน(Handler)

3.3.1.4 ชิ้นงาน(แผ่นเวเฟอร์ (Wafer)) หรือ MAX20075

3.3.1.5 ชุดโปรแกรมที่ถูกออกแบบสำหรับสั่งเครื่องทดสอบชิ้นงาน (Test program)

3.3.2 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในโครงงานนี้จะทำการนำโปรแกรมที่ได้ออกแบบมาทดลองใช้ทดสอบการทำงานของวงจรรวม โดยเริ่มจากการทดสอบแผงวงจรทดสอบที่ออกแบบ(Hardware checker) เพื่อตรวจสอบการทำงานของแผงวงจร จากนั้นจึงทำการทดสอบวงจรรวมในคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

3.3.2.1 ทดสอบหน้าสัมผัสของตัวงานก่อนทดสอบชิ้นงาน

3.3.2.2 ทดสอบการทำงานต่างๆ ของชิ้นงาน

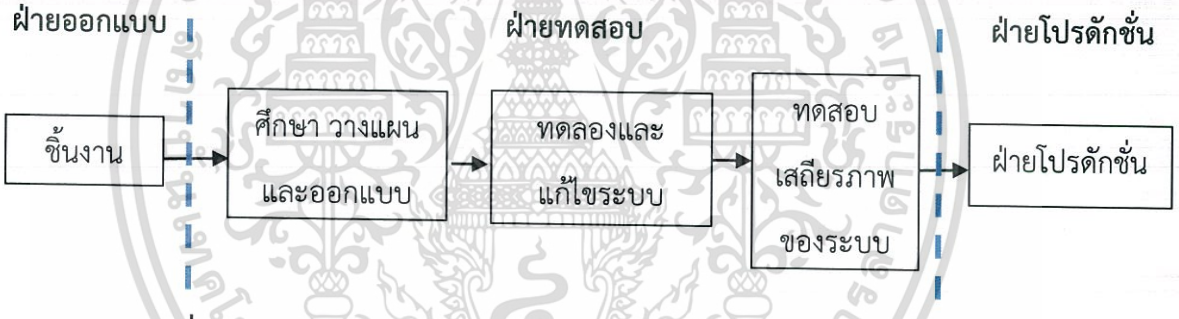
3.3.2.3 ทดสอบหน้าสัมผัสของตัวงานหลังทดสอบชิ้นงาน

โดยการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมนั้นทำได้โดยการนำค่าที่ได้จากการวัดในการคุณสมบัติต่างๆ มาเปรียบเทียบกับค่าที่คาดการณ์ไว้ โดยค่าที่วัดได้ต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนด และควรมีความใกล้เคียงกับค่าที่คาดการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนออกแบบระบบทดสอบวงจรรวม

การศึกษาทำโครงงานในครั้งนี้เป็นการออกแบบระบบทดสอบสำหรับชิ้นงานชื่อ MAX20075 ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบระบบสำหรับทดสอบชิ้นงานนั้นเริ่มมาจากการศึกษาการทำงานของชิ้นงานที่ต้องการทำการทดสอบ จากนั้นจึงวางแผนออกแบบวิธีการทดสอบชิ้นงานนั้นๆ เพื่อทำเป็นแหล่งอ้างอิงสำหรับใช้ทดสอบชิ้นงาน แล้วจึงออกแบบแผงวงจรทดสอบเพื่อใช้ทดสอบชิ้นงานให้เป็นไปตามแผนงานที่จัดทำไว้แล้วออกแบบโปรแกรมทดสอบวงจรตามลำดับ ขั้นตอนถัดไปคือการทดลองและแก้ไขการทำงานของแผงวงจรทดสอบกับโปรแกรมทดสอบที่ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถใช้ทดสอบชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อโปรแกรมสามารถทำงานได้แล้วจึงทำการทดสอบเสถียรภาพของระบบที่ได้ออกแบบ โดยการทดลองทดสอบชิ้นงานในสภาพแวดล้อมเสมือนกับการใช้งานจริงในฝ่ายโปรดักชั่น เพื่อเป็นการยืนยันถึงความสมบูรณ์ของตัวโปรแกรมและแผงวงจรทดสอบที่ได้ออกแบบไว้เพื่อส่งต่อไปยังฝ่ายโปรดักชั่นต่อไป ดังแผนผังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงแผนการทำงานในการออกแบบระบบทดสอบชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ศึกษา วางแผนและออกแบบระบบ

3.4.1.1 การศึกษาการทำงานของชิ้นงาน

ขั้นตอนแรกของการออกแบบระบบทดสอบวงจรรวมคือการศึกษาการทำงานและคุณสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานที่จะทำการทดสอบจากเอกสารข้อมูลอุปกรณ์(Datasheet) เพื่อศึกษาถึงหลักการในการทำงาน วิธีการใช้งาน คุณสมบัติทางไฟฟ้า รวมไปถึงขีดจำกัดความสามารถต่างๆ ของวงจรรวมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบสำหรับทดสอบวงจรรวม

จากข้อมูลของ MAX20075 จะพบว่า MAX20075 เป็นอุปกรณ์ประเภทวงจรแปลงแรงดันไฟตรงชนิดบัค (Buck converter) โดยที่มีสวิตซ์ในการทำงานทั้งด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 1A จากแรงดันอินพุทระหว่าง 3.5V ถึง 36V ชิ้นงานใช้กระแสไฟฟ้า 5uA ขณะที่ไม่ได้ต่อกับโหลดภาระ โดยแรงดันเอาท์พุทของ MAX20075 สามารถเลือกแบบระบุแรงดันที่ 5V และ 3.3V ได้ หรือใช้งานแบบปรับแรงดันโดยสามารถปรับได้ตั้งแต่ 1V ถึง 10V โดยมีความแม่นยำของแรงดันเอาท์พุทไม่เกิน 2% ที่แรงดันอินพุท 6V ถึง 18V มีความถี่ในการทำงาน 2.1MHz และสามารถปรับได้

3.4.1.2 การวางแผนขั้นตอนการทดสอบของระบบ

จากข้อมูลคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่อยู่ในเอกสารข้อมูลอุปกรณ์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งระบุถึงขีดจำกัดของอุปกรณ์ที่ขั้วต่อของชิ้นงานจุดต่างๆ ที่มีตำแหน่งและหน้าที่ในการทำงานดังตารางที่ 3.2 และตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้า(Electrical Characteristics) ซึ่งระบบที่ออกแบบนั้นจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของวงจรรวมที่ครอบคลุมกับที่ระบุไว้ในตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่อยู่ในเอกสารข้อมูลอุปกรณ์ เพื่อเป็นการการันตีว่าวงจรรวมที่ได้ทำการทดสอบทุกชิ้นนั้นมีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่ระบุไว้ในข้อมูลอุปกรณ์ โดยขั้นตอนและวิธีในการทดสอบคุณสมบัติของวงจรรวมจะถูกทำออกมาเป็นเอกสารสำหรับอ้างอิงในการทำระบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลขีดจำกัดและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ MAX20075

Absolute Maximum Ratings

SUP ..... -0.3V to +40V
EN ..... -0.3V to VSUP+0.3V
BST to LX ..... +6V
BST ..... -0.3V to +45V
FB ..... -0.3V to VBIAS+0.3V
SYNC ..... -0.3V to VBIAS + 0.3V
SPS ..... -0.3V to VBIAS+0.3V
OUT ..... -0.3V to 16V
PGOOD ..... -0.3V to 6V
PGND to AGND ..... -0.3V to 0.3V
BIAS ..... -0.3V to +6.0V
LX Continuous RMS Current 1A
OUTFB Short-Circuit Duration ..... Continuous
ESD Protection
Human Body Model ..... ±2kV
Machine Model ..... ±200V
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)
12-L TDFN (Derate 5.1 mW/°C above +70°C) 1951mW
Junction-to-Case Thermal Resistance (ΘJC) (Note 1)
12-L TDFN ..... 9°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance (ΘJA) (Note 1)
12-L TDFN ..... 41°C/W
Operating Temperature Range ..... -40°C to +125°C
Junction Temperature ..... +150°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering 10sec) ..... +300°C

Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a 4-layer board. For detailed information on package thermal considerations see www.maxim-ic.com/thermal-tutorial.

Electrical Characteristics

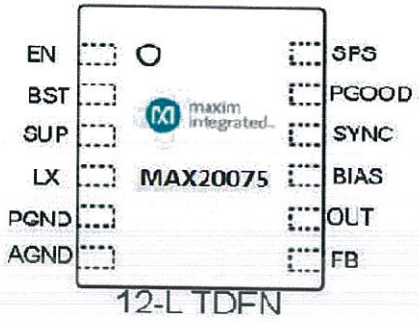
(V_{SUP}=V_{EN}, V_{EN}=14V, V_{SYNC}=0V, T_A=T_J, T_J=-40°C to +125°C, unless otherwise noted. V_{SUP}=14V, V_{OUT}=5V, Limits are guaranteed between -40°C to 125°C unless otherwise noted. Typical values are at T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	VSUP		3.5		36	V
		t <1s			40	
Supply Current	ISUP	VEN = Low		1	5	µA
		No load, Vout = 5V		5	10	
	ISUP_V	Valley Mode, No Load, Vout = 5V		25	55	
LX leakage	ILX, leak	VSUP=40V, LX=0V or 40V	-5		5	µA
UV Lock Out		VBIAS rising	2.8	3	3.2	V
		Hysteresis		0.4	0.5	
BIAS voltage		+5.5V ≤ VSUP ≤ +36V		5		V
BIAS output capacitance				1		µF
BIAS current limit				10		mA
Buck Converter						
Voltage Accuracy	VOUT,5V	VOUT = 5.0V, skip mode	4.9	5	5.125	V
	VOUT,3.3V	VOUT = 3.3V, skip mode	3.234	3.3	3.375	
	VOUT,5V	VOUT = 5.0V	4.9	5	5.1	
	VOUT,3.3V	VOUT = 3.3V	3.234	3.3	3.366	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงถึงตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขั้วไฟฟ้าจุดต่างๆ

Pin Configurations



Pin Specifications

PIN	NAME	FUNCTION
1	EN	High voltage compatible input for circuit activation. If this pin is low the part is off.
2	BST	Bootstrap Capacitor for High-Side driver 0.1µF
3	SUP	IC Supply Input. Connect a 1µF or larger ceramic capacitor in parallel with a 47µF cap from SUP to PGND.
4	LX	BUCK Switching Node. Hi Z when part is off. Connect a 4.7µH inductor between LX and OUT
5	PGND	Ground
6	AGND	Ground
7	FB	Feedback pin. connect a resistor divider from out to fb to gnd for external adjustment of output voltage. connect to bias for internal fixed voltages
8	OUT	Buck Regulator Output Voltage Sense Input. Bypass OUT to PGND with a minimum 10µF ceramic capacitor.
9	BIAS	5V Internal BIAS supply. Connect a minimum of 1µF ceramic capacitor to PGND.
10	SYNC	If connected to GND or OPEN, skip mode operation is enabled under light loads. If connected to BIAS forced PWM mode is enabled. This pin has a 1MΩ internal pulldown.
11	PGOOD	Open Drain Reset Output. External Pull-Up Required.
12	SPS	Spread Spectrum enable. Connect logic high to enable Spread Spectrum of internal oscillator or logic low to disable Spread Spectrum. This pin is has 1 MΩ internal pulldown.
	EP	Exposed pad. Must be connected to GND plane on PCB board, but is not a current carrying path, only needed for thermal transfer.

3.4.1.2.1 การทดสอบหน้าสัมผัส(Contact test)

สำหรับขั้นตอนแรกของระบบทดสอบคือการทดสอบหน้าสัมผัสของวงจรรวมเพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อที่ขั้วต่างๆ ของชิ้นงานเพื่อให้แน่ใจทุกขั้วต่อของชิ้นงานมีการเชื่อมต่อกับภายในตัวงานหรือ “ดาย”(die) อย่างถูกต้อง ถ้าหากชิ้นงานมีปัญหาเกี่ยวกับหน้าสัมผัสคือมีขั้วต่อลัดวงจรหรือเปิดวงจรจะส่งผลให้ชิ้นงานนั้นไม่สามารถทำงานได้ทำให้สามารถแยกชิ้นงานที่บกพร่องได้โดยที่ไม่ต้องทำการทดสอบอื่นๆ เพิ่มเติม ซึ่งการทดสอบหน้าสัมผัสเป็นการทดสอบที่สามารถทำได้ง่ายและมีความรวดเร็วที่สุดในระบบ และเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโครงสร้างภายในตัวงานเช่น ค่าความต้านทานภายใน ไดโอดภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

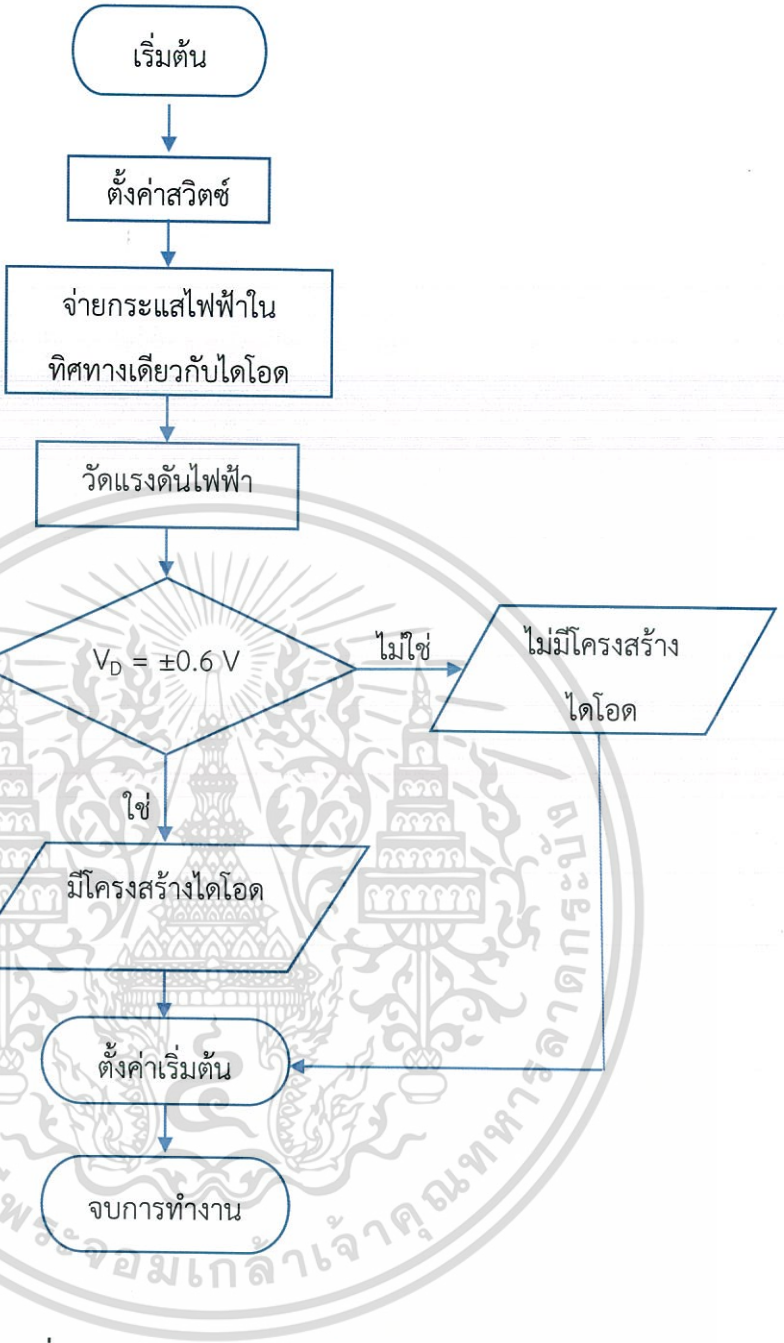
3.4.1.2.1.1 การทดสอบค่าความต้านทานภายใน

การวัดค่าความต้านทานภายในสามารถทำได้โดยการจ่ายแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ขั้วงาน เพื่อหาความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มแล้วคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน ซึ่งรายละเอียดการวัดหาค่าความต้านทานจะถูกกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.4.1.4.1.2 การทดสอบค่าความต้านทาน

3.4.1.2.1.2 การทดสอบไดโอดภายใน

การทดสอบไดโอดภายในสามารถทดสอบได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปในทิศทางที่ไดโอดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแล้ววัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด V_D เนื่องจากคุณสมบัติของไดโอดที่มีแรงดันค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน สำหรับไดโอดชนิดซิลิกอนนั้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.6V ซึ่งถ้าหากวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ ±0.6V แสดงว่าที่ขั้วนั้นของชิ้นงานมีโครงสร้างของไดโอดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



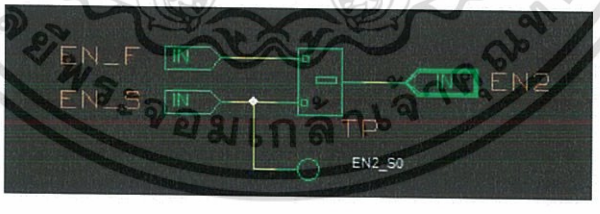
รูปที่ 3.2 แผงผังการทดสอบไดโอดภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 การออกแบบแผงวงจรทดสอบ(Hardware board designing)

เนื่องจากว่าในการทำงานของชิ้นงานนั้นจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ มาประกอบเช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ เพื่อให้ชิ้นงานมีการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ระบุไว้ในเอกสารคุณสมบัติ และเนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานของเครื่องทดสอบนั้นไม่เพียงพอต่อการใช้ทดสอบคุณสมบัติทั้งหมดของชิ้นงาน จึงจำเป็นที่ต้องออกแบบแผงวงจรเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการทดสอบมากขึ้ โดยการแบ่งแหล่งจ่ายให้ใช้ร่วมกันระหว่างขั้วไฟของตัวงาน และออกแบบสายส่งสัญญาณภายในวงจรโดยใช้หลักการของเคลวิน(Kelvin contacts) ซึ่งกำหนดให้หนึ่งจุดการวัดมีสายส่ง 4 สาย(Four-terminal sensing) เพื่อลดผลกระทบการความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัด โดยจากการศึกษาและวางแผนการทำการทดสอบหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานจะทำให้สามารถออกแบบแผงวงจรทดสอบได้

รูปที่ 3.3 ลายวงจรของวงจรทดสอบ



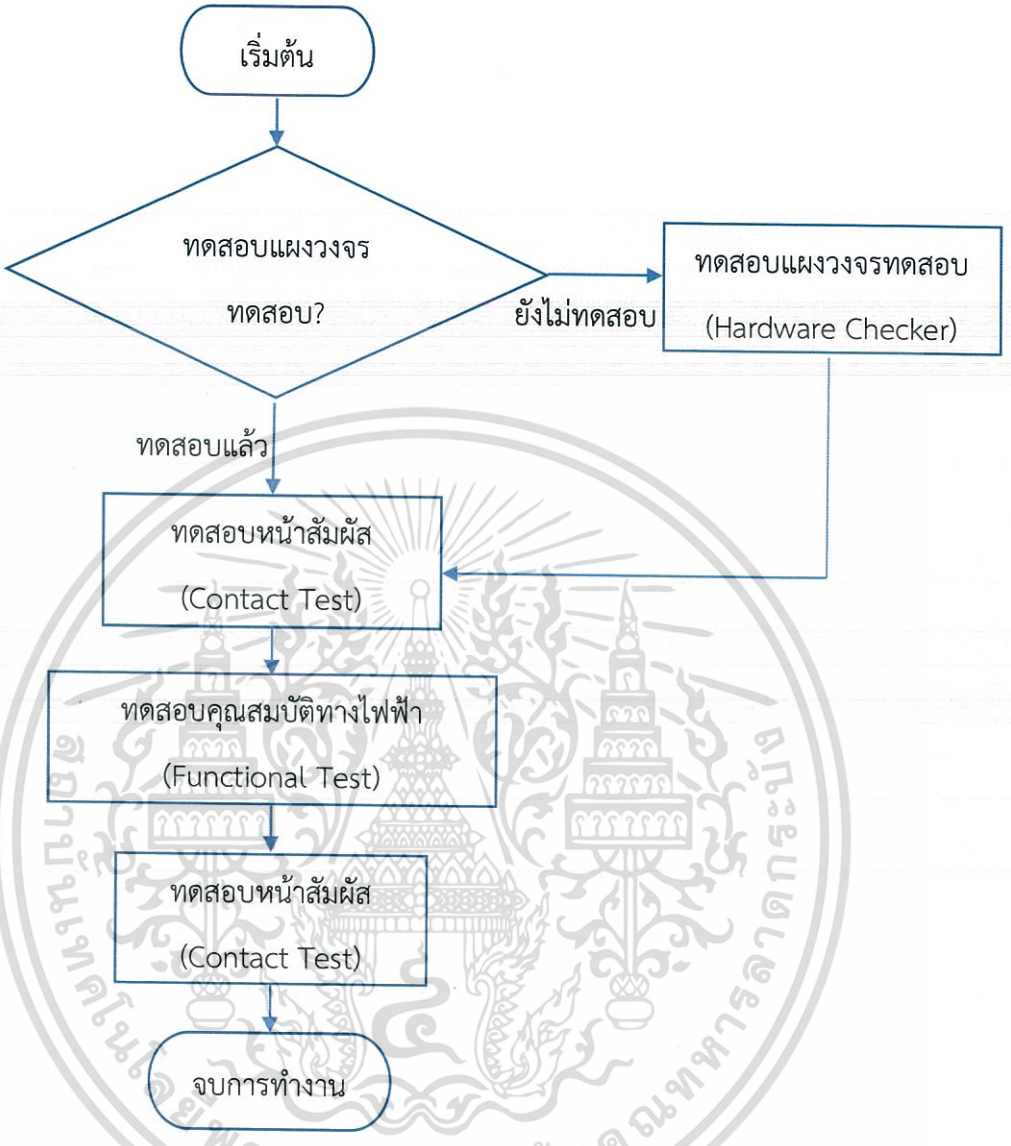
รูปที่ 3.4 รอยต่อแบบเคลวิน(Kelvin contact)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.4 การออกแบบโปรแกรมทดสอบชิ้นงาน(Test programming)

สำหรับการทดสอบวงจรรวมนั้นจะเริ่มจากการทดสอบแผงวงจรทดสอบก่อน เพื่อตรวจดูความบกพร่องของแผงวงจรที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน จากนั้นจึงเริ่มทำการทดสอบชิ้นงานโดยเริ่มจากทดสอบหน้าสัมผัส(Contact test) เพื่อเป็นการตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างขั้วไฟฟ้าต่างๆ ของตัวงาน แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆ ของตัวงานตามเอกสารที่วางแผนไว้ แล้วจึงทำการทดสอบหน้าสัมผัสอีกครั้งเมื่อทดสอบชิ้นงานเสร็จเพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นงานยังสามารถทำงานได้เป็นปกติ แผงผังการทดสอบชิ้นงานของระบบเป็นไปดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนผังระบบการทดสอบของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.4.1 การทดสอบแผงวงจรทดสอบ(Hardware checker)

คือการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ถูกติดตั้งมาบนแผงวงจรทดสอบเช่นรีเลย์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้งานได้ และมีค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าตามที่กำหนดไว้ โดยขั้นตอนในการทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้

3.4.1.4.1.1 การทดสอบการทำงานของรีเลย์

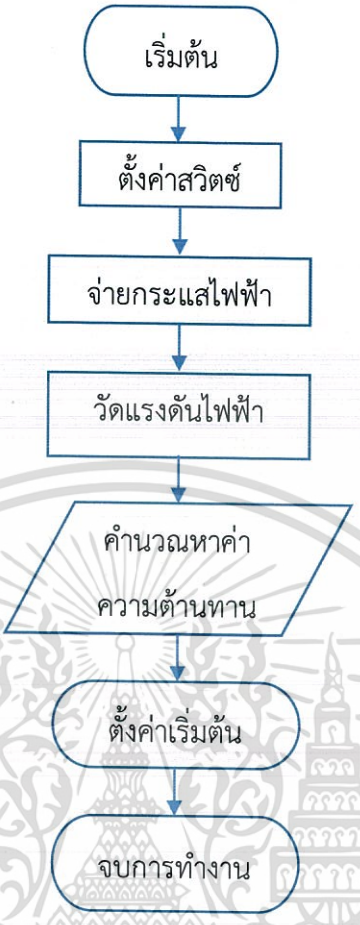
การทดสอบรีเลย์สามารถทำได้โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งที่ขั้วด้านหนึ่งของรีเลย์ และทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วอีกด้านหนึ่ง สำหรับกรณีของรีเลย์แบบที่สั่งการทำงานด้วยขดลวดไฟฟ้า เมื่อรีเลย์เปิดวงจรอยู่จะต้องไม่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดไฟฟ้าหรือทำให้รีเลย์ปิดวงจรจะต้องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับแหล่งจ่ายแรงดันของขั้วอีกด้านหนึ่ง

3.4.1.4.1.2 การทดสอบค่าความต้านทาน

จากกฎของโอห์มที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานดังสมการที่ 2.1 นั้นทำให้สามารถหาค่าความต้านทานของอุปกรณ์ได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวต้านทานแล้วทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมดังรูปที่ 2.5 ตัวอย่างเช่นจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวต้านทานค่าหนึ่ง 1mA และทำการวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานได้เท่ากับ 3.3V ดังนั้นสามารถหาค่าความต้านทานได้ดังนี้

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.3}{1\times10^{-3}} = 3.3\ k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังการทดสอบหาค่าความต้านทาน

3.4.1.4.1.3 การหาค่าความจุไฟฟ้า

การหาค่าความจุไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.3 โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่เข้าไปที่ตัวเก็บประจุเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุนั้น เช่นรูปที่ 3.3 กำหนดให้แรงดันที่ขาเกทของมอสเฟทเป็น 0V จะสามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ C14 ได้โดยเริ่มจากการคลายประจุไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุก่อนโดยจ่ายแรงดันจาก BIAS10 ให้เป็น 0V เพื่อให้ไม่มีแรงดันตกค้างที่ตัวเก็บประจุ จากนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก BIAS10 เข้าไปค่าหนึ่งเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วทำการวัดแรงดันที่ตัวเก็บประจุผ่านทาง BIAS10 เช่นจ่ายกระแสไฟฟ้า 0.1mA เป็นระยะเวลา 1ms แล้ววัดแรงดันได้เท่ากับ 1V สามารถคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = C\frac{dv}{dt} \cong C\frac{\Delta V}{\Delta T}$$

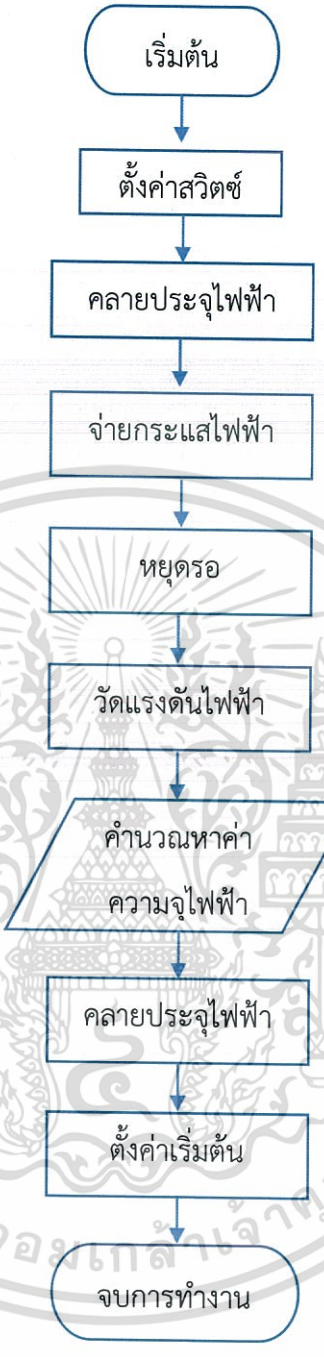
$$C \cong \frac{i\Delta T}{\Delta V} = \frac{(0.1 \times 10^{-3})(1 \times 10^{-3})}{(1-0)} = 0.1\mu F$$

หากจ่ายแรงดันที่ CBIT3 = 5V จะส่งผลให้มอสเฟท Q3 ทำงานซึ่งทำให้ตัวเก็บประจุ C12 ขนานกับ C14 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าได้จากวิธีข้างต้นคือจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นระยะเวลาหนึ่งเช่น จ่ายกระแสไฟฟ้า 2.3mA เป็นระยะเวลา 1ms ควรจะได้แรงดันเท่ากับ 1V ซึ่งจะได้ค่าความจุไฟฟ้าดังนี้

$$C \cong \frac{i\Delta T}{\Delta V} = \frac{(0.23 \times 10^{-3})(1 \times 10^{-3})}{(1-0)} = 2.3\mu F$$

ซึ่งนอกจากจะเป็นการตรวจสอบค่าความจุไฟฟ้าแล้วยังสามารถตรวจสอบการทำงานของมอสเฟทได้อีกด้วย เนื่องจากถ้าหากค่าความจุไฟฟ้าที่ได้ไม่เป็นอย่างที่คาดหวังไว้อาจเกิดได้จากสองกรณีคือค่าความจุไฟฟ้าที่ติดตั้งมีความคลาดเคลื่อน หรือมอสเฟทไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนผังการทดสอบหาค่าความจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทดลองและแก้ไขระบบ(Debugging)

เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบที่ออกแบบด้วยการทดลองนำเอาโปรแกรมไปใช้ทดสอบชิ้นงานจริงเพื่อเก็บข้อมูลแล้วเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ โดยผลของการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดสอบชิ้นงาน MAX20075

TEST#	RESULT	UNITS	P/F	LOWER	UPPER	ALARM	TEST NAME
0.2000	48.8127	nA		-0.5000	1000.0000		Ishdn_Gross
0.2010	1.0000	Code		0.5000	1.5000		Rev_Code
0.2020	0.0000	PF		-0.5000	0.5000		OTP_Lockbit_Pre
0.2030	1.0000	PF		-0.5000	1.5000		SP_Lockbit_Pre
0.2100	1.2468	V		1.0000	1.5000		BGMAIN_Pre
0.2110	29.0000	Code		-1.0000	32.0000		BGMAIN_Code
0.2120	1.2392	V		1.2272	1.2488		BGMAIN_Final
0.2130	1.0000	Count		0.0000	4.0000		BGMAIN_Iterations
0.2140	-5.7464	uA		-7.5000	-3.5000		BIAS_Pre
0.2150	14.0000	Code		-1.0000	64.0000		BIAS_Code
0.2160	-4.9930	uA		-5.2700	-4.7300		BIAS_Final
0.2170	1.0000	Count		0.0000	4.0000		BIAS_Iterations
0.2180	2.2840	MHz		1.2000	5.6000		OSC_Pre
0.2190	2.0000	Code		-1.0000	64.0000		OSC_Code
0.2200	2.1838	MHz		2.0200	2.3800		OSC_Final
0.2210	1.0000	Count		0.0000	4.0000		OSC_Iterations
0.2220	0.4962	V		0.4865	0.5135		OUT_Pre

จากตารางดังกล่าวจะแสดงถึงค่าต่างๆ ที่วัดได้จากเครื่องทดสอบ และขอบเขตที่ถูกกำหนดไว้จากการคำนวณ ซึ่งถ้าหากค่าที่วัดได้จากเครื่องทดสอบอยู่ในขอบเขตที่กำหนดแสดงว่าชิ้นงานนั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยในการทดสอบโปรแกรมนั้นจะทำการทดสอบชิ้นงานที่ดี ซึ่งทราบว่าทำงานได้ตรงตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ทุกประการดังนั้นโปรแกรมที่ออกแบบมานั้นต้องสามารถระบุได้ว่าชิ้นงานชิ้นนี้ผ่านคุณสมบัติที่กำหนดไว้จริง โดยที่เมื่อทำการทดสอบซ้ำแล้วต้องไม่ทำให้ชิ้นงานเสียหาย

สำหรับขั้นตอนในการแก้ไขจุดบกพร่องของระบบนั้นจะเป็นในลักษณะของการทำการทดลอง โดยเริ่มจากการตรวจสอบโปรแกรมที่ทำการเขียนไว้เพื่อหาความผิดพลาดจากการออกแบบเช่นการตั้งค่าตัวแปรที่ผิดพลาด การเขียนคำสั่งที่ไม่ตรงเงื่อนไขตามที่วางแผนไว้ในเอกสารอ้างอิง ถ้าหากการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ถูกแล้วต้องอาจทำการตรวจสอบถึงลำดับขั้นในการกำหนดอินพุทของชิ้นงาน และระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ชิ้นงานทำงานได้อย่างถูกต้องเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดสอบเสถียรภาพของระบบ

เป็นการตรวจสอบเสถียรภาพและหาจุดบกพร่องของระบบเมื่อถูกนำไปงานจริง เช่นการทดสอบชิ้นงานเดิมซ้ำหลายครั้งเพื่อตรวจสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงของข้อมูลรวมถึงตรวจสอบความเสียหายของชิ้นงานที่เกิดจากการทดสอบชิ้นงานเดิมซ้ำๆ การเปรียบเทียบข้อมูลของชิ้นงานระหว่างเครื่องทดสอบ การเปรียบเทียบชิ้นงานระหว่างแผงวงจรทดสอบเพื่อดูความแตกต่างของข้อมูลและเพื่อตรวจสอบความผิดปกติของระบบที่ออกแบบ

เมื่อโปรแกรมที่ออกแบบมีเสถียรภาพแล้ว จึงทดสอบระบบด้วยการจำลองทดสอบชิ้นงานเสมือนเป็นการใช้งานจริงในฝ่ายโปรดักชั่น โดยการทดสอบชิ้นงานทุกตัวที่อยู่บนเวเฟอร์เพื่อหาอัตราส่วนของชิ้นงานที่ผ่านและไม่ผ่าน และนำข้อมูลในแต่ละการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อหาความผิดปกติของระบบในแต่ละการทดสอบ โดยระบบการทดสอบที่ดีนั้นจะต้องสามารถตรวจจับชิ้นงานที่มีความบกพร่องได้ทุกตัว และต้องมีอัตราส่วนของชิ้นงานที่ดีต่อชิ้นงานที่บกพร่อง(Yield) สูง ซึ่งหมายความว่าถ้านำชิ้นงานที่ดีมาเข้าระบบทดสอบที่ออกแบบ ระบบจะต้องระบุได้ว่าชิ้นงานเหล่านั้นเป็นชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองระบบที่ทำการออกแบบสามารถทำได้โดยการเชื่อมแผงวงจรทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบ จากนั้นนำตัวชิ้นงานมาเชื่อมต่อกับแผงวงจรทดสอบเพื่อทำการทดสอบ ดังรูปที่ 2.1 โดยการเปิดโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อสั่งเครื่องทดสอบให้เริ่มทำการทดสอบต่างๆ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่ออกแบบมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของมัลติมิเตอร์ ซึ่งมัลติมิเตอร์ที่ใช้ตลอดการทดลองในครั้งนี้คือมัลติมิเตอร์รุ่น FLUKE 289

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของมัลติมิเตอร์รุ่น FLUKE 289

Function	Range and Resolution	Basic Accuracy
DC volts	50.000 mV, 500.00 mV, 5.0000 V, 50.000 V, 500.00 V, 1000.0 V	0.025 %
AC volts		0.4 % (True-RMS)
DC current	500.00 µA, 5000.0 µA, 50.000 mA, 400.00 mA, 5.0000 A, 10.000 A	0.05 %
AC current		0.6 % (True-RMS)
Temperature (excluding probe)	-200.0 °C to 1350.0 °C (-328.0 °F to 2462.0 °F)	1.0 %
Resistance	50.000 Ω, 500.00 Ω, 5.0000 kΩ, 50.000 kΩ, 500.00 kΩ,5.0000 MΩ, 50.00 MΩ, 500.0 MΩ	0.05 %
Capacitance	1.000 nF,10.00 nF 100.0 nF, 1.000 µF, 10.00 µF, 100.0 µF, 1000 µF, 10.00 mF, 100 mF	1.0 %
Frequency	99.999 Hz, 999.99 Hz, 9.9999 kHz, 99.999 kHz, 999.99 kHz	0.005 %
Connectivity	Optional infrared connector via Fluke ir3000 FC	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดสอบแผงวงจร(Hardware checker)

การทดสอบแผงวงจรจะเป็นการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งบนแผงวงจร เช่นรีเลย์ ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน โดยขั้นตอนการทดลองเป็นดังนี้

4.1.1 การทดสอบวัดค่าความต้านทาน

4.1.1.1 จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานค่าหนึ่งจากเครื่องทดสอบ

4.1.1.2 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานจากเครื่องทดสอบ

4.1.1.3 คำนวณหาค่าความต้านทานจากค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

4.1.1.4 แสดงผลค่าความต้านที่คำนวณได้ และเปรียบเทียบผลการวัดจากมัลติมิเตอร์

4.1.2 การทดสอบวัดค่าความจุไฟฟ้า

4.1.2.1 คลายประจุไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุ โดยการจ่ายแรงดัน 0V จากเครื่องแหล่งจ่าย

4.1.2.2 จ่ายกระแสไฟฟ้าค่าหนึ่งเข้าไปที่ตัวเก็บประจุเป็นระยะเวลาหนึ่ง

4.1.2.3 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมตัวเก็บประจุ

4.1.2.4 คลายประจุไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุดังขั้นตอนที่ 4.1.2.1

4.1.2.5 คำนวณหาค่าความจุไฟฟ้า แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับมัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST#	RESULT	UNITS	P/F	LOWER	UPPER	ALARM	TEST NAME
0.1000	-0.0004	V		-0.1000	0.1000		K3_CLOSE
0.1001	1.9998	V		1.9000	2.1000		K3_OPEN
0.1002	1.1210	uF		0.9000	1.3000		C14
0.1003	4.7013	kΩ		4.4000	5.0000		R4
0.1004	0.0003	V		-0.1000	0.1000		K12_CLOSE

รูปที่ 4.1 ผลการทดลองทดสอบแผงวงจรจากเครื่องทดสอบ

รูปที่ 4.2 ผลการทดลองทดสอบแผงวงจรจากมัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบหน้าสัมผัส(Contact test)

เป็นขั้นตอนการทดสอบหน้าสัมผัสของชิ้นงาน โดยการวัดหาค่าไดโอด และ/หรือค่าความต้านทานที่อยู่ภายในโครงสร้างของตัวงาน โดยต้องเริ่มจากการศึกษาโครงสร้างไดโอดภายในตัวชิ้นงานก่อนจึงจะสามารถทำการทดสอบหน้าสัมผัสได้ โดยขั้นตอนการทดสอบเป็นดังนี้

4.2.1 จ่ายกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียวกับไดโอดที่ขั้วของชิ้นงานเพื่อให้ไดโอดทำงาน

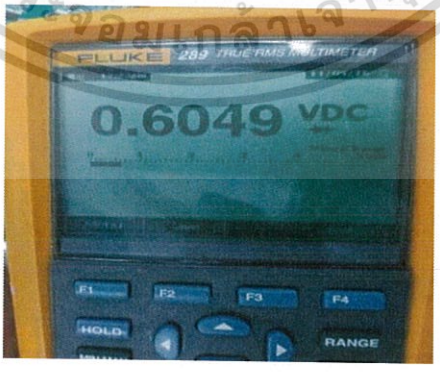
4.2.2 วัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วงาน

4.2.3 แสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้าพร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองกับมัลติมิเตอร์

สำหรับชิ้นงานที่มีโครงสร้างการเชื่อมต่อถูกต้องและไดโอดสามารถทำงานได้ ค่าแรงดันที่วัดได้จากเครื่องทดสอบนั้นจะมีค่าประมาณ ±0.6V โดยเครื่องหมายบวกลบนั้นจะเป็นไปตามทิศทางของไดโอด

TEST#	RESULT	UNITS	P/F	LOWER	UPPER	ALARM	TEST NAME
0.10000	-0.5195	V		-1.2000	-0.2000		Pad01_AV
0.10010	-0.6048	V		-1.2000	-0.2000		Pad02_SYNC
0.10020	-0.6553	V		-1.2000	-0.2000		Pad04_PGND
0.10030	-0.3831	V		-1.0000	-0.2000		Pad05_LX
0.10040	-0.5361	V		-1.2000	-0.2000		Pad06_PV
0.10050	0.5217	V		0.2000	1.2000		PV_to_LX
0.10060	-0.5411	V		-1.2000	-0.2000		Pad07_PG
0.10070	-0.5382	V		-1.2000	-0.2000		Pad08_EN
0.10080	-0.5180	V		-1.2000	-0.2000		Pad09_FB

รูปที่ 4.3 ผลการทดลองการทดสอบหน้าสัมผัสจากเครื่องทดสอบ



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการทดสอบหน้าสัมผัสจากมัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST#	RESULT	UNITS	P/F	LOWER	UPPER	ALARM	TEST NAME
0.10000	-0.5195	V		-1.2000	-0.2000		Pad01_AV
0.10010	-1.9905	V	(F)	-1.2000	-0.2000		Pad02_SYNC
0.10020	-0.7413	V		-1.2000	-0.2000		Pad04_PGND
0.10030	-0.4909	V		-1.0000	-0.2000		Pad05_LX
0.10040	-0.5361	V		-1.2000	-0.2000		Pad06_PV
0.10050	0.5221	V		0.2000	1.2000		PV_to_LX
0.10060	-0.5394	V		-1.2000	-0.2000		Pad07_PG
0.10070	-0.5362	V		-1.2000	-0.2000		Pad08_EN
0.10080	-0.5178	V		-1.2000	-0.2000		Pad09_FB

รูปที่ 4.5 ผลการทดลองหน้าสัมผัสจากเครื่องทดสอบกรณีชิ้นงานบกพร่อง

รูปที่ 4.6 ผลการทดลองหน้าสัมผัสจากมัลติมิเตอร์กรณีชิ้นงานบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาโครงงานในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของวิศวกรทดสอบ และเพื่อศึกษาการออกแบบระบบทดสอบสำหรับทดสอบวงจรรวม(IC) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูล คุณสมบัติและการทำงานของชิ้นงาน การออกแบบแผงวงจรทดสอบ(Hardware board) การออกแบบโปรแกรมทดสอบ(Test program) ตลอดไปจนถึงการแก้ไขโปรแกรมให้มีความสมบูรณ์ โดยส่วนหลักของระบบทดสอบคือโปรแกรมทดสอบที่ทำหน้าที่ในการทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานในด้านต่างๆ

การออกแบบแผงวงจรทดสอบหรือฮาร์ดแวร์นั้นเริ่มจากการจำแนกแหล่งจ่ายพลังงานของเครื่องทดสอบว่าแหล่งจ่ายพลังงานใดสามารถรวมกันได้ หรือแหล่งจ่ายพลังงานใดจำเป็นต้องแยกกันเพื่อใช้ในการออกแบบให้เครื่องทดสอบมีความยืดหยุ่นในการทดสอบชิ้นงาน ในส่วนของการลดผลกระทบที่เกิดจากความเคลื่อนในการวัดสามารถแก้ไขด้วยการใช้หลักการของเคลวินในการใช้สายส่งในการวัดแบบสี่สายส่ง(Four-terminal sensing)

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมทดสอบหรือซอร์ฟแวร์นั้นเป็นการออกแบบโปรแกรมเพื่อทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานประกอบไปด้วย การทดสอบหน้าสัมผัสของชิ้นงาน(Contact test) การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าเช่น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ไปจากแหล่งจ่ายพลังงาน(Supply current) กระแสไฟฟ้ารั่วไหล(Leakage current) ค่าแรงดันเอาท์พุท(Voltage output) ค่าความถี่ในสวิตซ์ของอุปกรณ์(Switching frequency) โดยวิธีการในการทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานแต่ละส่วนนั้นสามารถทำได้จากการศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ จากผลการทดลองพบว่าโปรแกรมที่ออกแบบสามารถตรวจจับหาชิ้นงานที่บกพร่องในการทดสอบต่างๆ ได้ แสดงว่าโปรแกรมที่ทำการออกแบบนั้นสามารถนำไปใช้ทดสอบชิ้นงานได้จริง โดยได้ทำการทดสอบโปรแกรมด้วยการนำผลลัพธ์จากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับมัลติมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีที่โปรแกรมที่ออกแบบไม่สามารถทดสอบชิ้นงานได้อย่างถูกต้องสามารถแก้ปัญหาได้โดยการศึกษาการทำงานของชิ้นงานอีกครั้ง ตรวจสอบความผิดพลาดของคำสั่งที่เขียนโปรแกรม และการทบทวนลำดับขั้นของการกำหนดค่าอินพุทและระยะเวลาในการหยุดรอเพื่อให้ชิ้นงานทำงานถูกต้องก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบโปรแกรมทดสอบชิ้นงานนั้นพบว่า โปรแกรมที่ออกแบบสามารถที่จะตรวจจับชิ้นงานที่มีความบกพร่องได้ ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมที่ออกแบบสามารถทำได้โดยการลดระยะเวลาของการทดลองในแต่ละส่วนลงเช่นการลดระยะเวลาในการหยุดรอของแต่ละขั้นตอนลง โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวงจร หรือการจัดเรียงลำดับการทดลองใหม่ให้มีความกระชับและครอบคลุมการทดลองเดิม และส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการวิเคราะห์โปรแกรมที่ออกแบบในแต่ละการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าโปรแกรมนั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

https://www.maximintegrated.com/en.html

http://www.fluke.com/fluke/r0en/digital-multimeters/advanced-multimeters/fluke-289.htm?pid=56061

https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/2031

http://www.learnabout-electronics.org/PSU/psu33.php

http://www.mouser.com/Maxim-Integrated/Semiconductors/Power-Management-ICs/Voltage-Regulators-Switching-Regulators/MAX20075-Series/_/N-668jt?P=1yc8p0yZ1yz3sqo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้