รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์และทดสอบงานด้วยวิธีการทางไฟฟ้า
Analysis and test with method of electrical

ธีรภัทร์ ภาคภูมิ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์และทดสอบงานด้วยวิธีการทางไฟฟ้า

Analysis and test with method of electrical

ธีรภัทร์ ภาคภูมิ

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การวิเคราะห์และทดสอบชิ้นงานด้วยวิธีการต่างๆทางไฟฟ้า

ชื่อ–สกุล นักศึกษา ธีรภัทร์ ภาคภูมิ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์ผู้นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด และ อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน กีรติญา แก้วผลึก

สถานประกอบการ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการทดสอบวงจรรวมด้วยวิธีการทางไฟฟ้าโดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องคือการตรวจสอบอุปกรณ์บนฮาร์ดแวร์เป็นการตรวจอุปกรณ์ว่าเกิดความเสียหายหรือไม่ การตรวจสอบการเชื่อมต่อถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟถึงตัวงานเป็นการยืนยันว่าแหล่งจ่ายไฟกับตัวงานได้มีการเชื่อมต่อกัน การนำตัวงานมาทดสอบซ้ำๆและทดสอบด้วยวิธีต่างๆเป็นการยืนยันว่าแม้จะมีการเปลี่ยนเงื่อนไขการทดสอบเช่น เปลี่ยนแหล่งจ่าย เปลี่ยนฮาร์ดแวร์ เปลี่ยนตัวงาน ก็ยังคงให้ผลลัพธ์เหมือนเดิม การปรับปรุงสัญญาณแรงดันในวงจรเป็นการปรับสัญญาณที่วัดได้ในวงจรให้นิ่งมากที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหาย

ผลจากการทดลองพบว่าการตรวจสอบอุปกรณ์บนฮาร์ดแวร์นั้นมีค่าตรงตามที่คำนวณ การตรวจสอบการเชื่อมถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟถึงตัวงานพบว่าในบางครั้งอาจเกิดลักษณะของวงจรเปิดทำให้ไฟจากแหล่งจ่ายไปไม่ถึงตัวงานซึ่งเกิดจากการไม่สัมผัสกันซึ่งได้แก้ไขแล้ว และส่วนของการปรับสัญญาณแรงดันในวงจรพบว่าสัญญาณที่วัดได้มีค่ามากกว่าในดาต้าชีทโดยเกิดจากการเพิ่มแรงดันไฟอย่างฉับพลันซึ่งได้แก้ไขโดยเปลี่ยนเป็นการเพิ่มแรงดันไฟอย่างช้าๆ

คำสำคัญ : ดาต้าชีท, ตัวงาน, สัญญาณ, แหล่งจ่ายไฟ, ฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Analysis and test with method of electrical

Student intern name: Teerapat Parkpoom

Faculty: Bachelor of Engineering **Department:** Electronic Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Kriangkrai Sooksood and Chinnapat Nantajiwakornchai

Mentor name: Kiratiya Kaewpaluek

Company: Maxim Integrated Products (Thailand) Co. Ltd

ABSTRACT

This project is a study of test development for a new device with method of electrical with related topics. Hardware Checker is to check the component on hardware whether the device is damaged or not. Contact test is to check the connection between the tester and device. Repeatability and Gage study is to quantify the variation of a measurement between different sets of test hardware or tester etc. Glitch elimination is to eliminate glitch that exceed absolute maximum rating of any pin of the device

The results for test, Hardware Checker can be used to confirm the functionality of the test hardware. Contact test can detect any contact short/open and which has been fixed. For deglitch, there were glitch found from signal and which has been fixed.

Keywords: Datasheet, Device, Signal, Tester, Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงาน การวิเคราะห์และทดสอบงานด้วยวิธีการทางไฟฟ้า ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ คุณ Julita Tee ที่ได้มอบหมายโครงงานให้ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าได้นำความรู้ที่เรียนมาปรับใช้กับการทำโครงงานในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ในแผนกที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแก่ข้าพเจ้าไม่ว่าจะเป็น การฝึกคิดวิเคราะห์แก้ไขปัญหา การวางแผนในการทำงาน หรือแม้แต่เรื่องทั่วไป

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่คอยช่วยเหลือค่าใช้จ่ายต่างๆในชีวิตประจำวันอีกทั้งยังคอยให้คำแนะนำและสนับสนุนในเรื่องต่างๆ รวมทั้งเพื่อนๆที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้าทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปอย่างลุล่วงและสุดท้ายขอขอบพระคุณบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้การทำงานในชีวิตจริง

นายธีรภัทร์ ภาคภูมิ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งจ่ายไฟ 3

2.2 ชุดคำสั่ง 3

2.3 ฮาร์ดแวร์ 3

2.4 ตัวงาน 4

2.5 ตัวเก็บประจุ 4

2.6 รีเลย์ 5

2.7 ไดโอด 6

2.8 อนาล็อกสวิตช์ 7

2.9 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า 7

2.10 Datasheet 7

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนผังการดำเนินงาน 9

3.2 Hardware Checker 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ตัวเก็บประจุ 10

3.2.2 รีเลย์ 11

3.2.3 ตัวต้านทาน 12

3.2.4 การตรวจสอบแรงดันในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์ 12

3.3 Contact test 13

3.3.1 ตรวจสอบการเชื่อมถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวงาน 13

3.3.2 ตรวจสอบการทำงานของ ESD diode 13

3.4 Repeatability 15

3.5 Gage 16

3.5.1 เปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน 16

3.5.2 เปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบตัวงาน 17

3.5.3 เปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบตัวงาน 18

3.6 Glitch 18

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 Hardware checker 20

4.1.1 วัดค่าตัวเก็บประจุ 20

4.1.2 ตรวจสอบการทำงานของรีเลย์ 21

4.1.3 วัดค่าความต้านทาน 22

4.1.4 การตรวจสอบแรงดันในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์ 22

4.2 Contact test 23

4.2.1 วัดค่าแรงดัน ESD diode 23

4.2.2 วัดค่าแรงดัน ESD diode เมื่อลัดวงจร 24

4.2.3 วัดค่าแรงดัน ESD diode เมื่อวงจรขาด 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Glitch 25

4.3.1 ภาพของสัญญาณเมื่อเกิด Glitch 25

4.3.2 ภาพของสัญญาณเมื่อมีการแก้ไข Glitch 25

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 26

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 26

เอกสารอ้างอิง 27

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของตัวงานที่ส่งไปขายแก่ลูกค้า 4

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุแบบเซรามิกที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า 5

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของรีเลย์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า 5

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของไดโอดที่ใช้ในวงจร 6

รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะของไดโอด 6

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างอนาล็อกสวิตช์ 7

รูปที่ 2.7 แสดงวงจรภายในของอนาล็อกสวิตช์ 7

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่าง Datasheet ของอนาล็อกสวิตช์ 8

รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของแผนผังการดำเนินงาน 9

รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่าตัวเก็บประจุ 10

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบรีเลย์ 11

รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่าตัวต้านทาน 12

รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ตรวจสอบแรงดันตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างวงจรที่มี ESD diode อยู่ภายใน 13
รูปที่ 3.7 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของ ESD diode 14
รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อลัดวงจร 15
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อวงจรขาดออกจากขาตัวงาน 15
รูปที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน 16
รูปที่ 3.11 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน 16
รูปที่ 3.12 แสดงการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใช้ทดสอบตัวงาน 17
รูปที่ 3.13 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบตัวงาน 18
รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ Glitch 19
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างวงจรในการหาค่าตัวเก็บประจุ 20
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่วัดจากตัวเก็บประจุกับเวลา 20
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการตรวจสอบการทำงานของรีเลย์ 21
รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างวงจรในการหาค่าความต้านทาน 22
รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบแรงดันตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์ 22
รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการวัดค่าแรงดันที่ ESD diode 23
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อเกิดการลัดวงจร 24
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อวงจรขาด 24
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะของ Glitch ที่พบในวงจร 25
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของสัญญาณในวงจรที่มีการแก้ไข Glitch แล้ว 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ปรากฏอยู่ในทุกที่ไม่ว่าจะเป็น โทรศัพท์มือถือ เครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนที่อยู่ในยานพาหนะ ยังต้องมีการพัฒนาอยู่ตลอดซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน จึงได้จัดทำโครงงานนี้เพื่อทดสอบและพัฒนาให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา และสามารถนำความรู้ทางไฟฟ้าที่เรียนมาประยุกต์ใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษากระบวนการของการทดสอบและพัฒนาวงจร

1.2.2 เรียนรู้การใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า

1.2.3 นำความรู้ที่ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทำงาน

1.2.4 เรียนรู้การทำงานในชีวิตจริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ปรับปรุงแก้ไขฮาร์ดแวร์ให้สามารถทดสอบตัวงานได้

1.3.2 ทดสอบฟังก์ชั่นต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น Contact test

1.3.3 ทดสอบตัวงานด้วยเงื่อนไขต่างๆเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์

1.3.4 เข้าใจลักษณะของ Glitch และวิธีการแก้ไข

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 กำหนดหัวข้อโครงงาน

1.4.2 วางแผนการทำงาน

1.4.3 ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

1.4.4 ลงมือปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.5 ปรับปรุงข้อผิดพลาดและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจกระบวนการของการทดสอบและพัฒนาวงจร

1.5.2 สามารถใช้เครื่องทางไฟฟ้าได้อย่างดี

1.5.3 สามารถเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งควบคุมการทดสอบได้

1.5.4 ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

1.5.5 เป็นการเตรียมพร้อมก่อนทำงานในชีวิตจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟเป็นอุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายไฟที่ใช้กันในงานอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีทั้งแหล่งจ่ายไฟตรงและไฟสลับแต่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจะเป็นแหล่งจ่ายไฟตรงซึ่งแหล่งจ่ายไฟตรงนั้นมีหลายประเภทเช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบเชิงเส้น แหล่งฎ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิทชิ่ง เป็นต้น ส่วนที่ใช้ในอุตสาหกรรมวงจรรวมนั้นจะใช้แหล่งจ่ายไฟซึ่งเรียกว่าเครื่องทดสอบ (Tester) โดยเครื่องทดสอบสามารถปรับค่ากระแสและแรงดันได้แม่นยำกว่าเนื่องจากในวงจรรวมมีอุปกรณ์ขนาดเล็กจำนวนมากและอุปกรณ์เหล่านั้นต้องการค่าแรงดันหรือกระแสที่แม่นยำมากถ้าค่ากระแสหรือแรงดันมีค่าไม่แม่นยำอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์หรือวงจรได้ โดยค่ากระแสหรือแรงดันเหล่านั้นสามารถควบคุมได้จากชุดคำสั่งในโปรแกรม

2.2 ชุดคำสั่ง

ชุดคำสั่งเป็นภาษาที่เกี่ยวข้องกับงานโดยนำมาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบ (Tester) ให้ทำตามคำสั่งตามที่ผู้ใช้ต้องการเช่น การจ่ายกระแส การวัดค่าแรงดัน การจ่ายสัญญาณพัลล์ เป็นต้น

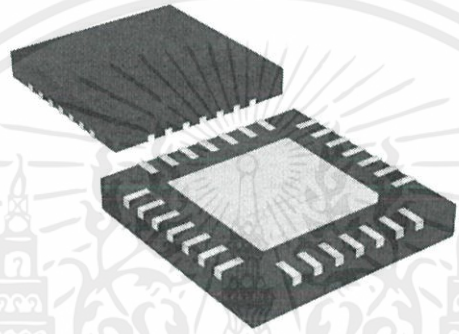
2.3 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบตัวงานโดยในฮาร์ดแวร์นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลากหลายชนิดเช่น ตัวเก็บประจุ รีเลย์ อนาล็อกสวิตซ์ ตัวต้านทาน เป็นต้น ซึ่งถ้าอุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความเสียหายอาจส่งผลให้การทดสอบตัวงานเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นเราจะต้องตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนฮาร์ดแวร์ก่อนที่จะทดสอบตัวงานซึ่งการตรวจสอบนั้นจะมีชื่อเรียกว่า Hardware Checker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ตัวงาน

ตัวงานหรือไอซีเป็นอุปกรณ์ที่รวมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด มอสเฟต ตัวต้านทาน เป็นต้น แล้วนำมาประกอบเป็นวงจรที่มีขนาดเล็กไว้ในตัวเดียว ดังนั้นตัวงานจึงมีหลายขาโดยขาที่มีจุดอยู่บนขอบตัวงานจะเป็นขาที่ 1 แล้วนับเรียงต่อกันไปตามลำดับ โดยเราต้องการพัฒนาตัวงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตามที่ต้องการ และเรายังสามารถดูรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวงานได้ใน Datasheet โดยรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของตัวงาน



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของตัวงานที่ส่งไปขายแก่ลูกค้า

2.5 ตัวเก็บประจุ

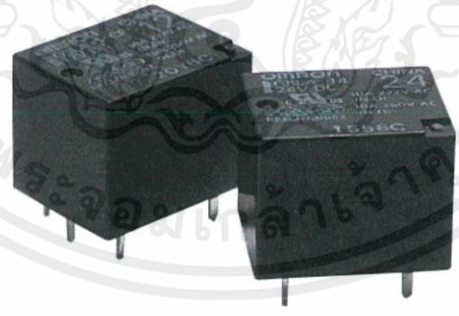
ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งทำหน้าที่เก็บพลังงานในรูปของสนามไฟฟ้าที่สร้างขึ้นระหว่างแผ่นตัวนำและมีฉนวนขั้นระหว่างแผ่นตัวนำเรียกว่า ไดอิเล็กตริกโดยที่แผ่นตัวนำนั้นมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากันแต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน ตัวเก็บประจุนั้นมีหลากหลายรูปแบบเช่น ตัวเก็บประจุแบบไมก้า ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก โดยตัวเก็บประจุที่ใช้ในฮาร์ดแวร์จะเป็นตัวเก็บประจุแบบเซรามิกซึ่งแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุแบบเซรามิกที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

2.6 รีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจรโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการป้อนกระแส รีเลย์จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้ตามที่กำหนดซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิดและเมื่อไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงก็จะกลายเป็นวงจรเปิด โดยไฟเลี้ยงที่ใช้ป้อนให้กับรีเลย์จะเป็นไฟที่มาจากแหล่งจ่ายไฟ รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของรีเลย์ที่ใช้ในวงจร

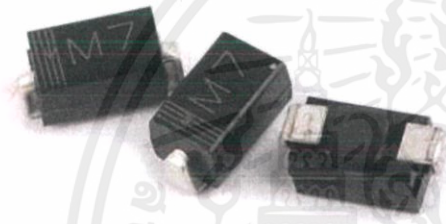


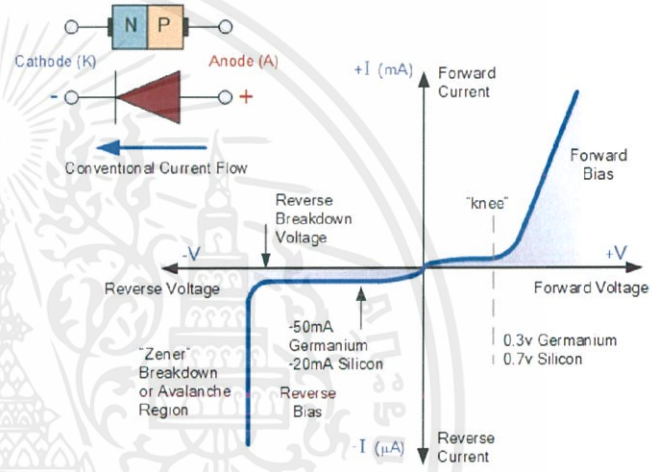
รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของรีเลย์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ไดโอด

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำพี-เอ็นสามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วย 2 ขั้วคือแอโนดซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดพีและแคโทดซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ไดโอดจะทำงานก็ต่อเมื่อมีการต่อแรงดันไฟให้เรียกว่า Forward Bias โดยจะต่อขั้วบวกของแรงดันไฟเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทพีและต่อขั้วลบเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็นจะทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด โดยรูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของไดโอดที่ใช้ในวงจรและรูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะของไดโอด





รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของไดโอดที่ใช้ในวงจร

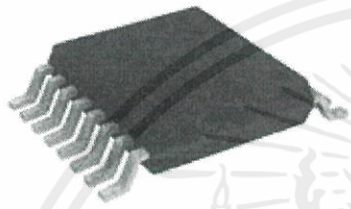
รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะของไดโอด

จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายการทำงานของไดโอดได้จากกราฟโดยเมื่อไดโอดได้รับแรงดันไบอัสตรงจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดและจะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดประมาณ 0.6V - 0.7V สำหรับสารกึ่งตัวนำ Silicon และ 0.3V สำหรับสารกึ่งตัวนำ Germanium แต่เมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับไดโอดจะไม่นำกระแสแต่จะมีกระแสรั่วไหลจำนวนน้อยไหลผ่านไดโอดและเมื่อให้แรงดันไบอัสกลับกับไดโอดเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดพังทลาย(Break down point) ไดโอดจะมีกระแสไหลได้จำนวนมากและไดโอดนั้นจะเสียหายไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ตามปกติ

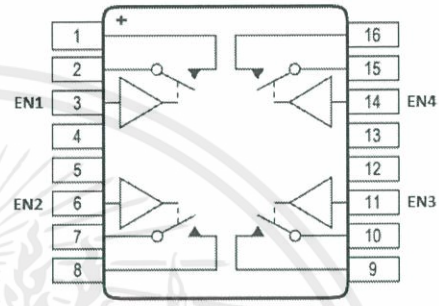
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อนาล็อกสวิตซ์

อนาล็อกสวิตซ์เป็นวงจรรวมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับรีเลย์แต่ตัวสวิตซ์จะอยู่ด้านในของอุปกรณ์และต้องมีไฟเลี้ยงวงจรเพื่อให้มันทำงานซึ่งเราสามารถควบคุมการเปิด-ปิดสวิตซ์ได้จากการจ่ายแรงดันไปที่ขาควบคุมโดยดูได้จาก Datasheet รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของอนาล็อกสวิตซ์ในวงจรและรูปที่ 2.7 แสดงวงจรภายในของอนาล็อกสวิตซ์ที่มีขาควบคุมการเปิด-ปิดสวิตซ์



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างอนาล็อกสวิตซ์



EN_LOGIC	SWITCHES
0	OPEN
1	CLOSED

รูปที่ 2.7 แสดงวงจรภายในของอนาล็อกสวิตซ์

2.9 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าทำหน้าที่วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าตามที่ผู้ใช้ต้องการเช่น มัลติมิเตอร์สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าได้ทั้งแรงดัน กระแส ความต้านทานและสามารถใช้กับไฟกระแสตรงหรือไฟกระแสสลับก็ได้และยังมีเครื่องมือวัดอีกชนิดหนึ่งที่สามารถวัดสัญญาณทางไฟฟ้าได้เรียกว่าออสซิลโลสโคปซึ่งเราสามารถใช้ออสซิลโลสโคปในการตรวจสอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าว่าดีหรือเสียได้อีกด้วยโดยดูภาพสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอ

2.10 Datasheet

Datasheet เป็นเอกสารที่รวบรวมข้อมูลคุณสมบัติต่างๆของอุปกรณ์ ดังนั้นการศึกษา Datasheet ให้เข้าใจจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเนื่องจากการใช้อุปกรณ์บางชนิดอาจมีข้อกำหนดไว้เช่น สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนแรงดันได้เท่าไร สามารถจ่ายกระแสได้เท่าไร เป็นต้นและถ้าอุปกรณ์บางตัวคุณสมบัติคล้ายเคียงกัน อาจนำมาใช้แทนกันได้โดยรูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างของ Datasheet

Electrical Characteristics—Dual Supplies (continued)

(V_{DD} = +35V, V_{SS} = -35V, V_{GND} = 0V, V_L = +3.3V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LOGIC (EN1, EN2, EN3, EN4)						
Input-Voltage Low	V_{IL}				0.25 x V_L	V
Input-Voltage High	V_{IH}		0.75 x V_L			V
Input Leakage Current		$V_{EN_}$ = 0V or V_L	-1		+1	µA
DYNAMIC CHARACTERISTICS						
V_{DD}/V_{SS} Power-On Time		R_L = 10kΩ		1		µs
Enable Turn-On Time	t_{ON}	$V_{A_}$, $V_{B_}$ = ±10V, R_L = 10kΩ, Figure 4		35	60	µs
Enable Turn-Off Time	t_{OFF}	$V_{A_}$, $V_{B_}$ = ±10V, R_L = 10kΩ, Figure 4		2	3	µs
Off-Isolation	V_{ISO}	$V_{A_}$, $V_{B_}$ = 1V RMS, f = 100kHz, R_L = 1kΩ, C_L = 15pF, Figure 5		65		dB
Crosstalk	V_{CT}	R_S = R_L = 1kΩ, Figure 6		96		dB
-3dB Bandwidth	BW	R_S = 50Ω, R_L = 1kΩ, Figure 7		145		MHz
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R_S = R_L = 1kΩ, f = 20Hz to 20kHz		0.001		%
Charge Injection	Q	$A_$, $B_$ = GND, C_L = 1nF, Figure 8		580		pC
Switch-On Capacitance	C_{IN}	V_{DD} = +50V, V_{SS} = 0V, $V_{A_}$, $V_{B_}$ = +4V, f = 1MHz		40		pF
Switch-Off Capacitance	C_{IN}	V_{DD} = +50V, V_{SS} = 0V, $V_{A_}$, $V_{B_}$ = +4V, f = 1MHz		35		pF

DC Electrical Characteristics—Single Supply

(V_{DD} = +70V, V_{SS} = V_{GND} = 0V, V_L = +3.3V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY						
V_{DD} Supply-Voltage Range	V_{DD}		+10		+70	V
SWITCH						
On-Resistance	R_{ON}	$I_{A_}$ = 10mA, $V_{A_}$, $V_{B_}$ = +20V, Figure 1		5	10	Ω
On-Resistance Matching Between Channels	DR_{ON}	$I_{A_}$, $I_{B_}$ = 10mA, $V_{A_}$, $V_{B_}$ = +70V, 0V (Note 2)		0.3	0.5	Ω
Off-Leakage Current	$I_{A/B_(OFF)}$	$V_{B_}$ = +40V, $V_{A_}$ = +10V, Figure 3	-2.5		+2.5	nA

Note 2: Guaranteed by design; not production tested.
Note 3: All parameters in single-supply operation are expected to be the same as in dual-supply operation.

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่าง Datasheet ของอนาล็อกสวิตช์

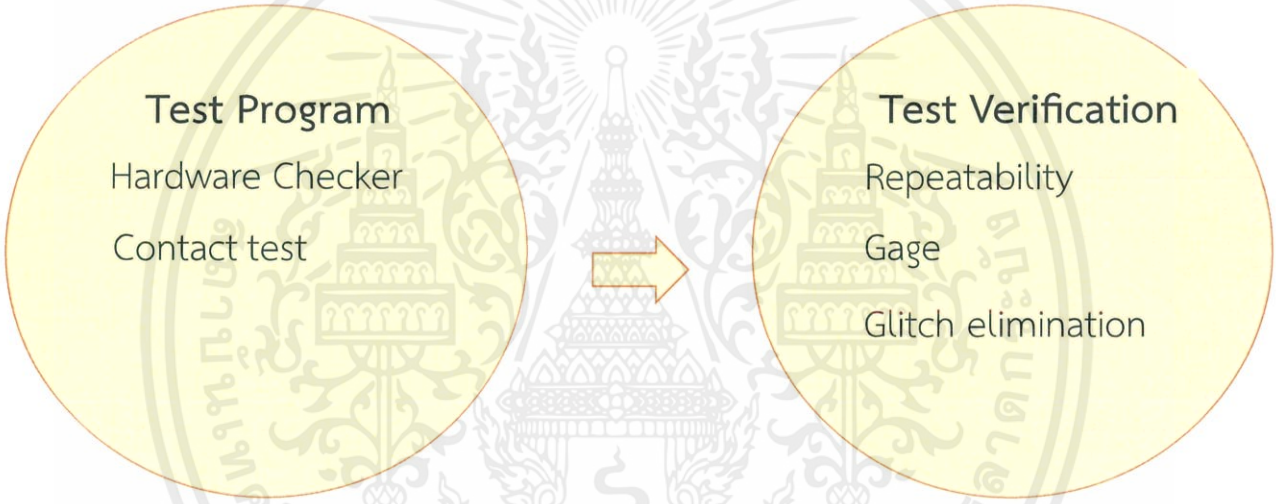
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนผังการดำเนินงาน

ก่อนจะอธิบายลักษณะงานที่ได้ไปปฏิบัติมาจะขออธิบายถึงภาพรวมทั้งหมดซึ่งจะแบ่งเป็น 2 หัวข้อคือ Test Program และ Test Verification โดย Test program จะแบ่งเป็น Hardware checker และ Contact test และ Test Verification จะแบ่งเป็น Repeatability Gage และ Glitch โดยภาพรวมทั้งหมดนั้นได้แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดของแต่ละหัวข้อต่อไป



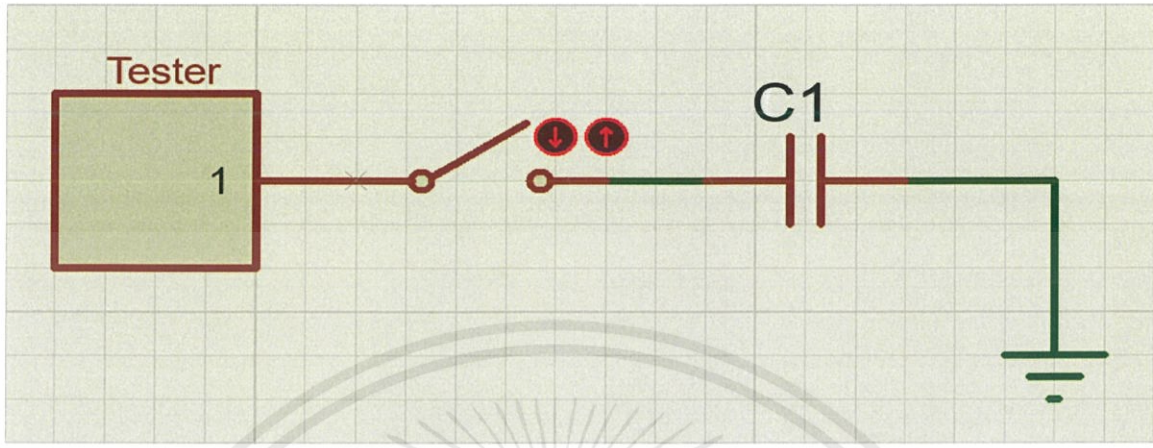
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของแผนผังการดำเนินงาน

3.2 Hardware Checker

ในขั้นตอนแรกจะเป็นการตรวจสอบอุปกรณ์ที่อยู่บนฮาร์ดแวร์ว่าอุปกรณ์มีความเสียหายหรือไม่ เนื่องจากถ้าอุปกรณ์เกิดความเสียหายจะทำให้ผลการทดสอบเมื่อใส่ตัวงานลงไปเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรแก้ไขตามหลักการทางวิศวกรรมโดยมีหลักการตรวจสอบอุปกรณ์บนฮาร์ดแวร์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ตัวเก็บประจุ



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่าตัวเก็บประจุ

จากวงจรในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ Tester ที่สามารถจ่ายกระแสและแรงดันได้อย่างอิสระ สวิตช์ และตัวเก็บประจุที่ต้องการวัดค่าโดยสามารถวัดค่าตัวเก็บประจุได้ดังนี้

1.สับสวิตช์และจ่ายแรงดันไฟ 0V เพื่อคายแรงดันที่อยู่ในตัวเก็บประจุ

2.จ่ายกระแสผ่านตัวเก็บประจุเพื่อวัดแรงดัน ณ เวลาต่างๆ

3.วัดแรงดันที่ตัวเก็บประจุ ณ เวลา t1

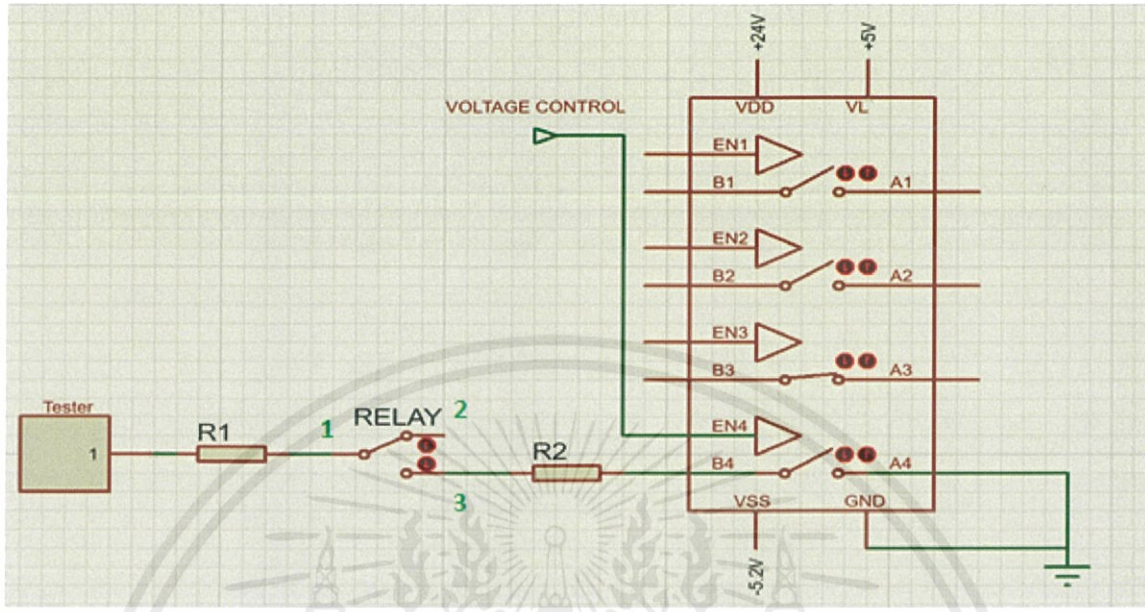
4.ให้เวลาผ่านไป t เพื่อวัดแรงดัน ณ เวลาอื่นๆ

5.วัดแรงดันที่ตัวเก็บประจุ ณ เวลา t2

6.หาค่าตัวเก็บประจุจากสมการ $I = C\frac{dV}{dt}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 รีเลย์



รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบรีเลย์

จากวงจรในรูปที่ 3.3 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ Tester ที่สามารถจ่ายกระแสและแรงดันได้อย่างอิสระ ตัวต้านทาน รีเลย์ และอนาล็อกสวิตช์ โดยเราต้องการทดสอบการทำงานของ Relay ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1.สับสวิตช์ที่รีเลย์และจ่ายแรงดันไปที่อนาล็อกสวิตช์เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดสวิตช์

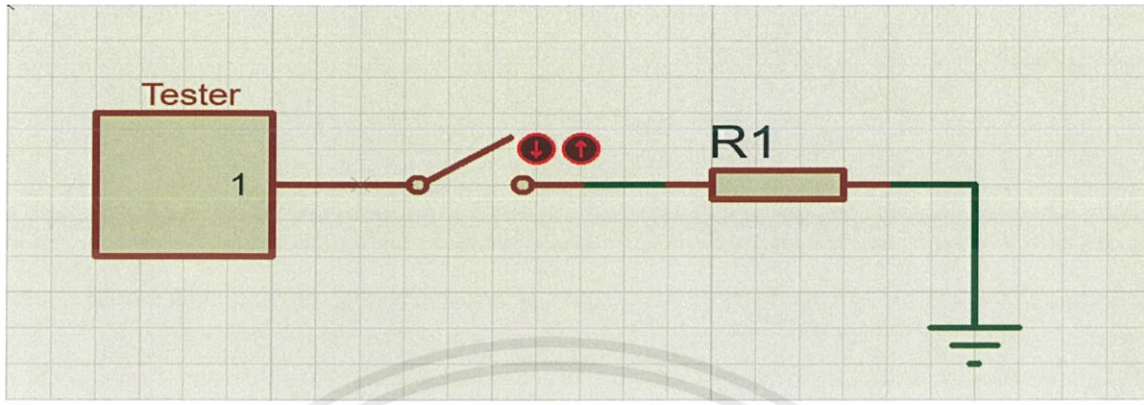
2.จ่ายแรงดันจาก Tester ทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน

3.วัดแรงดันที่ขาของรีเลย์โดยวัดขาที่ 1 และขาที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบกันซึ่งถ้าแรงดันที่ขาทั้งสองมีค่าเท่ากันแสดงว่ารีเลย์ทำงานเป็นปกติ

4.สามารถตรวจการทำงานของอนาล็อกสวิตช์เพิ่มเติมได้ด้วยวิธีที่คล้ายกันคือวัดที่ขา B4 และขา A4 เพื่อเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ตัวต้านทาน



รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการทดสอบการวัดค่าตัวต้านทาน

จากวงจรในรูปที่ 3.4 ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ Tester ที่สามารถจ่ายกระแสและแรงดันได้อย่างอิสระ สวิตซ์ และตัวต้านทาน R1 ที่ไม่ทราบค่าซึ่งต้องการหาโดยทำได้ดังนี้

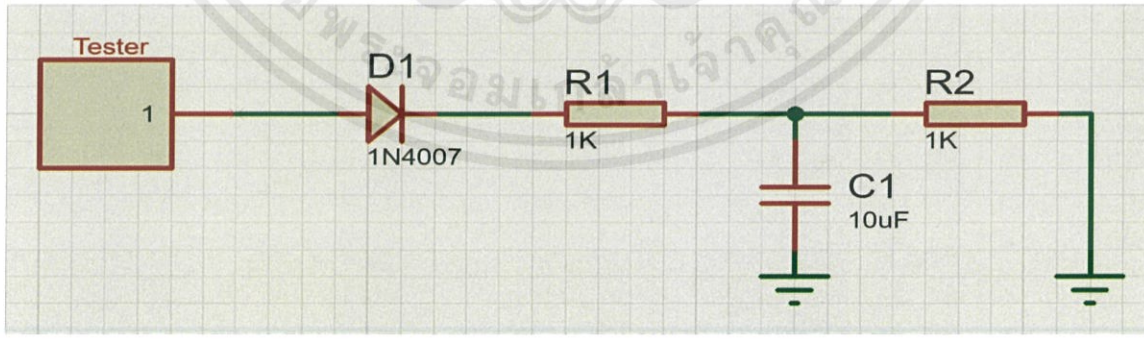
1.สับสวิตซ์เพื่อทำให้วงจรเชื่อมต่อถึงกัน

2.จ่ายกระแสผ่านวงจรเพื่อทำให้เกิดความต่างศักย์

3.วัดค่าแรงดันคร่อมตัวตัวทานและหาค่าตัวต้านทานจาก $R = \frac{V}{I}$

3.2.4 การตรวจสอบแรงดันในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์

การทดสอบนี้เป็นการตรวจสอบวงจรตั้งแต่ Tester ผ่านอุปกรณ์ในวงจรไปถึงกราวด์



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ตรวจสอบแรงดันตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบแรงดัน ณ จุดต่างๆในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์โดยผ่านไดโอด ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ซึ่งมีหลักการทดสอบดังนี้

1.จ่ายแรงดันจาก Tester

2.คำนวณค่าแรงดัน ณ จุดต่างๆทุกจุดในวงจร

3.ทดลองวัดแรงดัน ณ จุดต่างๆแล้วเปรียบเทียบกันกับที่คำนวณได้

4.ถ้าค่าแรงดันที่อุปกรณ์ตัวใดไม่เป็นไปตามที่คำนวณแสดงว่าอุปกรณ์ตัวนั้นอาจจะเสียหาย

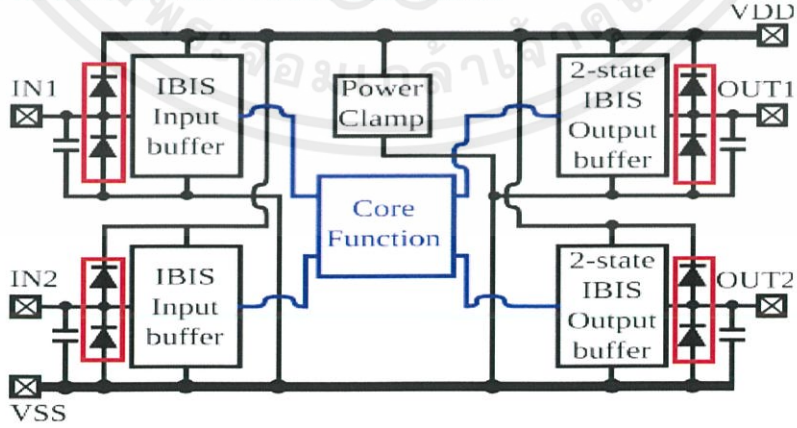
3.3 Contact test

ในขั้นตอนถัดมาคือ Contact test โดยวัตถุประสงค์ของ Contact test คือตรวจสอบว่ามีการเชื่อมต่อกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวงานและสามารถตรวจสอบการทำงานของ ESD diode ได้ว่าเป็นอย่างไรซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละหัวข้อต่อไป

3.3.1 ตรวจสอบการเชื่อมถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวงาน

จุดประสงค์หลักของการทดสอบ Contact test คือการตรวจสอบการเชื่อมถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวงานเพราะถ้าแหล่งจ่ายไฟกับตัวงานไม่เชื่อมถึงกันจะทำให้ไม่สามารถทดสอบตัวงานได้โดยสาเหตุที่อาจทำให้แหล่งจ่ายกับตัวงานไม่เชื่อมถึงเช่น สายไฟอาจมีปัญหาหรือฟิวส์ที่แหล่งจ่ายไฟขาด เป็นต้น

3.3.2 ตรวจสอบการทำงานของ ESD diode

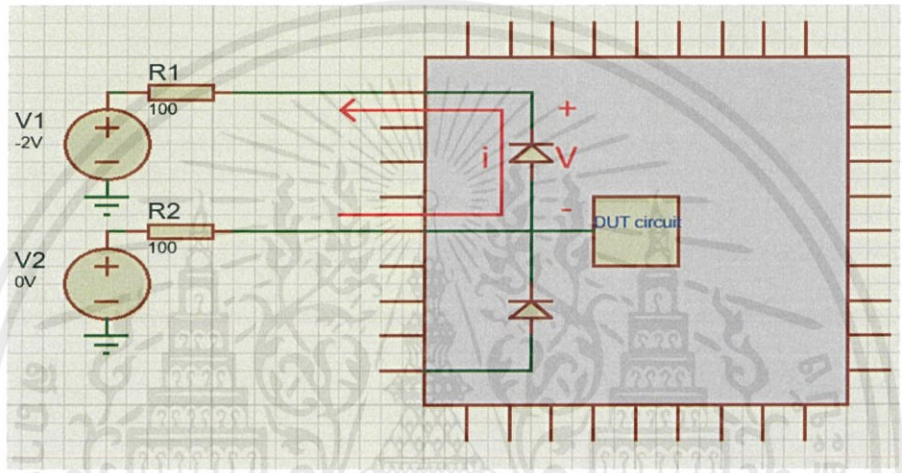


รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างวงจรที่มี ESD diode อยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัวงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด มอสเฟต ตัวต้านทาน ซึ่งรวมถึงตัว ESD diode ด้วยโดย ESD diode มีหน้าที่ป้องกันไฟฟ้าสถิตจากภายนอกซึ่งช่วยให้วงจรภายในไม่เกิดความเสียหาย ในรูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของวงจรที่มี ESD diode

ในรูปที่ 3.7 เป็นตัวอย่างการทดสอบการทำงานของวงจรที่มี ESD diode อยู่ภายในตัวงานซึ่งจะมีวิธีทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.7 แสดงวิธีการทดสอบการทำงานของ ESD diode

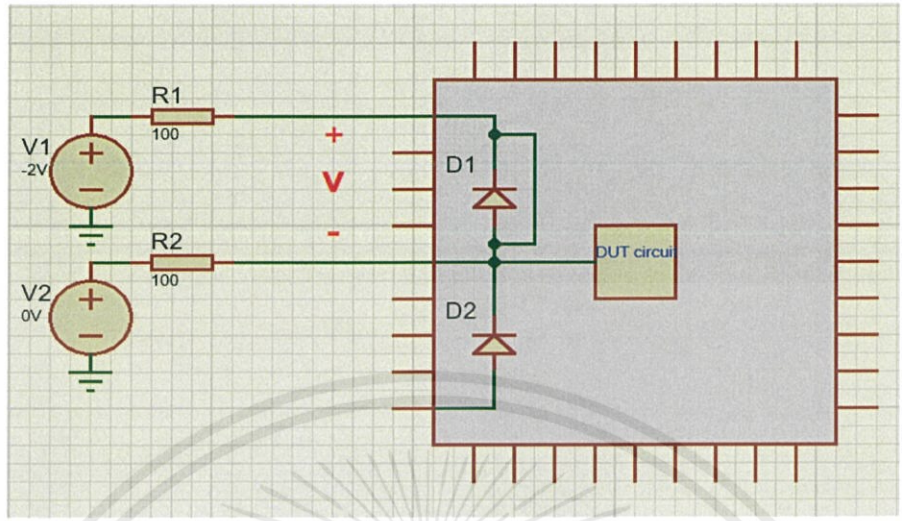
1.จ่ายแรงดันที่ขาแคโทดของไดโอด -2V และที่ขาแอโนด 0V

2.วัดค่าแรงดันที่ไดโอดซึ่งผลลัพธ์ที่วัดได้จะมีค่าประมาณ -0.6V ถึง -0.7V ตามทฤษฎีนั่นแสดงว่าไดโอดทำงาน

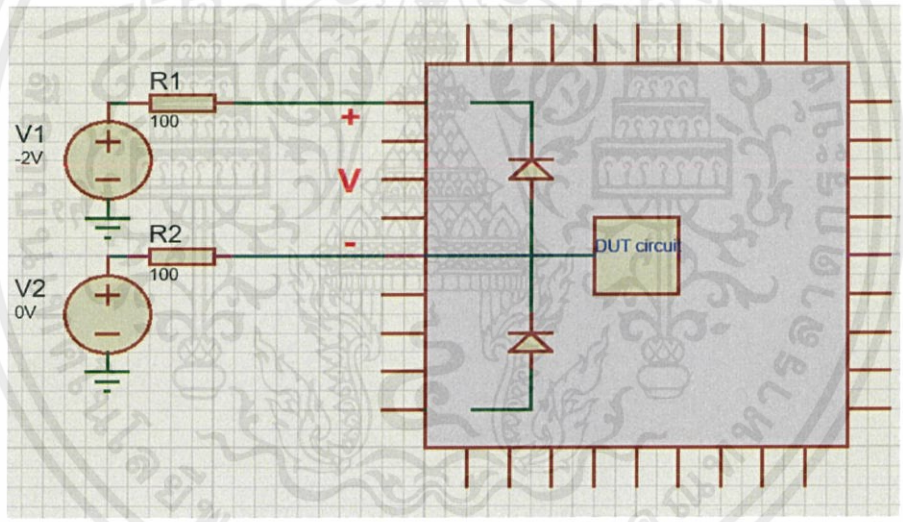
3.ในกรณีที่วัดได้ 0V นั่นหมายความว่าไดโอดอาจเกิดการลัดวงจรภายในดังรูปที่ 3.8

4.ในกรณีที่วัดได้ -2V นั่นหมายความว่าวงจรภายในระหว่างไดโอดกับขาตัวงานอาจขาดออกจากกันดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อลัดวงจร

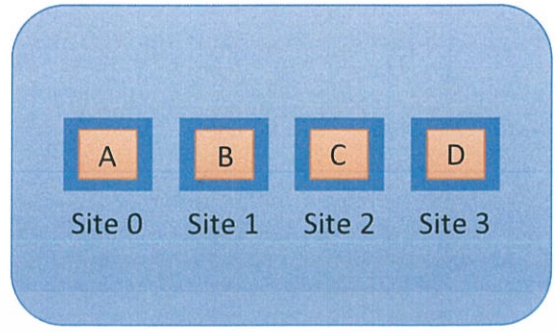


รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อวงจรขาดออกจากขาตัวงาน

3.4 Repeatability

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบตัวงานซ้ำๆเพื่อยืนยันผลลัพธ์จากการทดสอบว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่ซึ่งถ้าผลลัพธ์มีค่าไม่ใกล้เคียงกันอาจต้องพิจารณาชุดคำสั่งที่เขียนในโปรแกรมทดสอบหรือตัวงานว่ามีความเสียหายหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Hardware 1

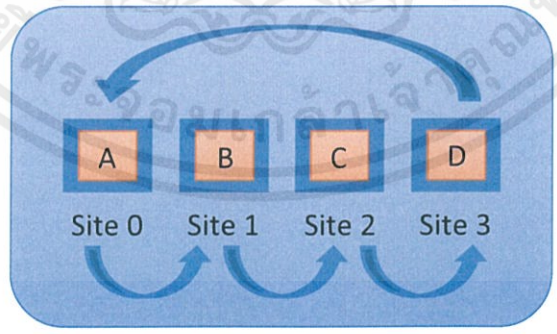
รูปที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน

จากรูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของ Repeatability โดยเราจะใส่ตัวงาน 4 ชนิดลงไปบนฮาร์ดแวร์ใน site0 - site4 ตามลำดับโดย site นั้นแทนตำแหน่งของวงจรลักษณะคล้ายๆกันที่ต้องการจะทดสอบ จากนั้นทดสอบตัวงานจากชุดคำสั่งโดยทดสอบเป็นจำนวนซ้ำๆเพื่อยืนยันผลลัพธ์จากการทดสอบ

3.5 Gage

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการยืนยันผลจากการทดสอบตัวงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการยืนยันว่าแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทดสอบแต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบยังคงมีใกล้เคียงกันโดยเงื่อนไขที่เปลี่ยนมีดังนี้

3.5.1 เปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน



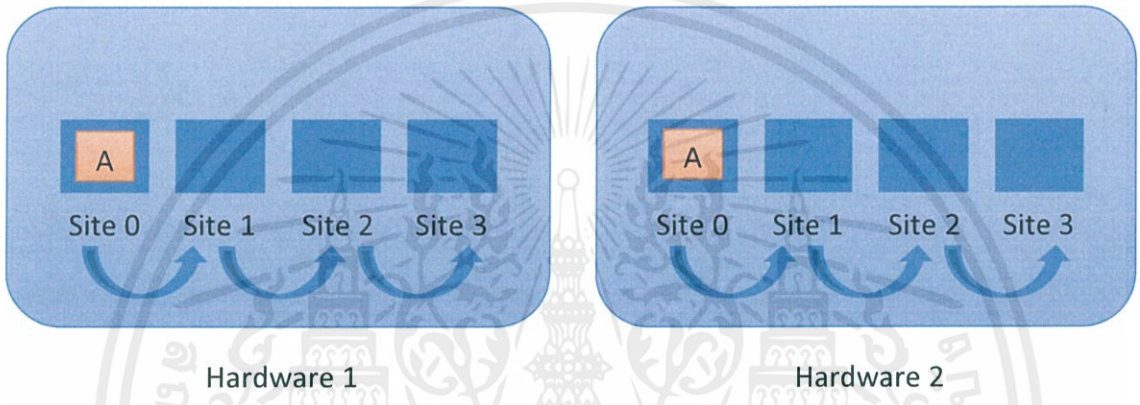
Hardware 1

รูปที่ 3.11 แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการ Gage โดยจะใช้ฮาร์ดแวร์กับแหล่งจ่ายตัวเดิมตลอดการทดสอบแต่มีการเปลี่ยนตำแหน่งที่ใช้ทดสอบตัวงานหมายความว่าเราจะใส่ตัวงาน 4 ชนิดลงบนฮาร์ดแวร์ใน site0 – site4 ตามลำดับคล้ายกับการทำ Repeatability จากนั้นเราจะสลับตำแหน่งตัวงานบนฮาร์ดแวร์ใน site0 – site4 แล้วทำการทดสอบต่อโดยเราจะสลับตำแหน่งตัวงานให้ครบจนวนกลับมาที่เดิมซึ่งผลลัพธ์จากการทดสอบที่ได้จากการสลับตัวงานในแต่ละ site ควรมีค่าใกล้เคียงกัน

3.5.2 เปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบตัวงาน

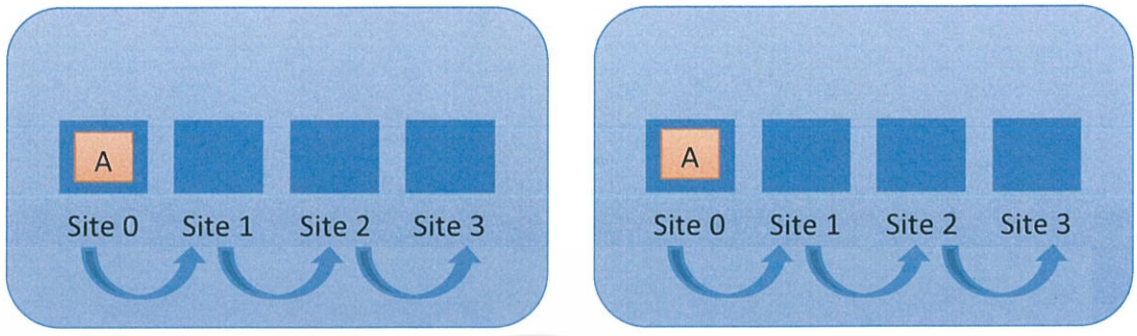


รูปที่ 3.12 แสดงการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใช้ทดสอบตัวงาน

จากรูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการ Gage โดยใช้แหล่งจ่ายกับตัวงานตัวเดิมตลอดการทดสอบแต่จะมีการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบตัวงานหมายความว่าจะมีฮาร์ดแวร์ลักษณะคล้ายกันอยู่ 2 บอร์ดไว้ทดสอบโดยในตอนแรกเราจะใส่ตัวงานลงบนฮาร์ดแวร์ 1 แล้วทำการทดสอบจากนั้นจะย้ายตัวงานที่ใส่ในฮาร์ดแวร์ 1 มาใส่ในฮาร์ดแวร์ 2 แล้วทำการทดสอบตัวงานอีกครั้งแล้วนำผลลัพธ์จากการทดสอบในฮาร์ดแวร์ 1 และฮาร์ดแวร์ 2 มาเปรียบเทียบกันซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ควรมีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 เปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบตัวงาน



Hardware 1 and Tester 1 Hardware 1 and Tester 2

รูปที่ 3.13 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบตัวงาน

จากรูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างการ Gage โดยใช้ฮาร์ดแวร์กับตัวงานตัวเดิมตลอดการทดสอบแต่จะมีการเปลี่ยนแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบตัวงานหมายความว่าจะมีแหล่งจ่ายที่ใช้ทดสอบอยู่ 2 ชนิดโดยในตอนแรกเราจะใช้แหล่งจ่ายตัวที่ 1 เพื่อทดสอบตัวงานจากนั้นเราจะเปลี่ยนไปใช้แหล่งจ่ายตัวที่ 2 แล้วนำผลลัพธ์จากการทดสอบในแหล่งจ่ายตัวที่ 1 และตัวที่ 2 มาเปรียบเทียบกันซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ควรมีค่าใกล้เคียงกัน

3.6 Glitch

ในขั้นตอนนี้จะใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในวงจรเพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันใน Datasheet ว่าเป็นอย่างไรโดยค่าแรงดันที่วัดได้ไม่ควรเกินค่าใน Datasheet เนื่องจากอาจส่งผลให้ตัวงานที่ใช้ทดสอบเกิดความเสียหายได้และแรงดันที่เกินค่าใน Datasheet จะเรียกว่า Glitch ซึ่งสาเหตุการเกิด Glitch นั้นมีได้หลายสาเหตุเช่น เกิดจากการเปลี่ยนกระแสหรือแรงดันอย่างฉับพลันหรืออาจเกิดจากเงื่อนไขในการทดสอบ เป็นต้น โดยรูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ Glitch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ Glitch

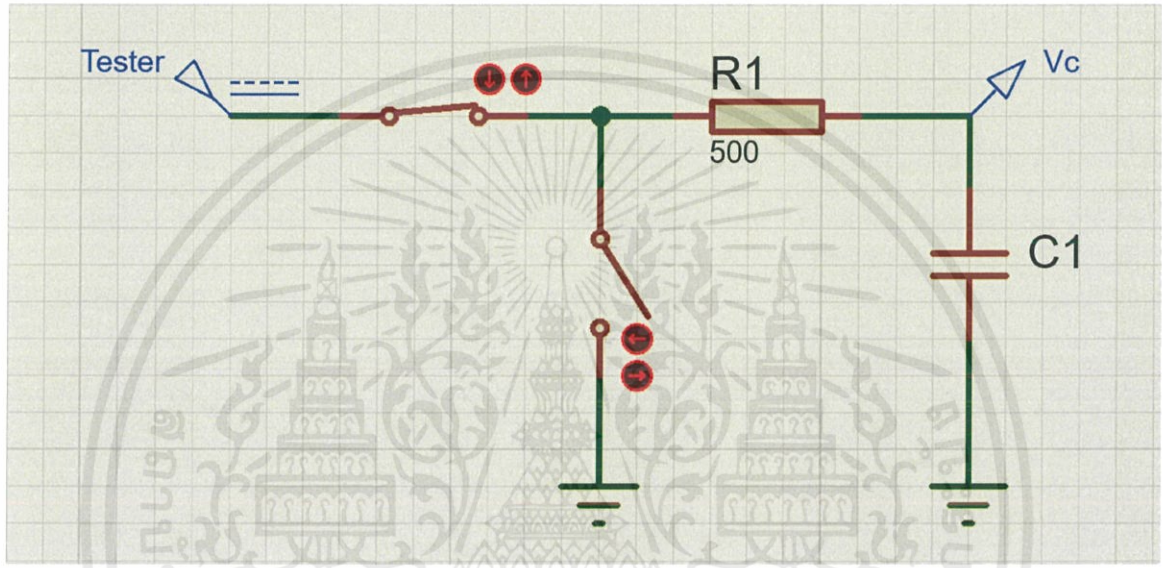
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

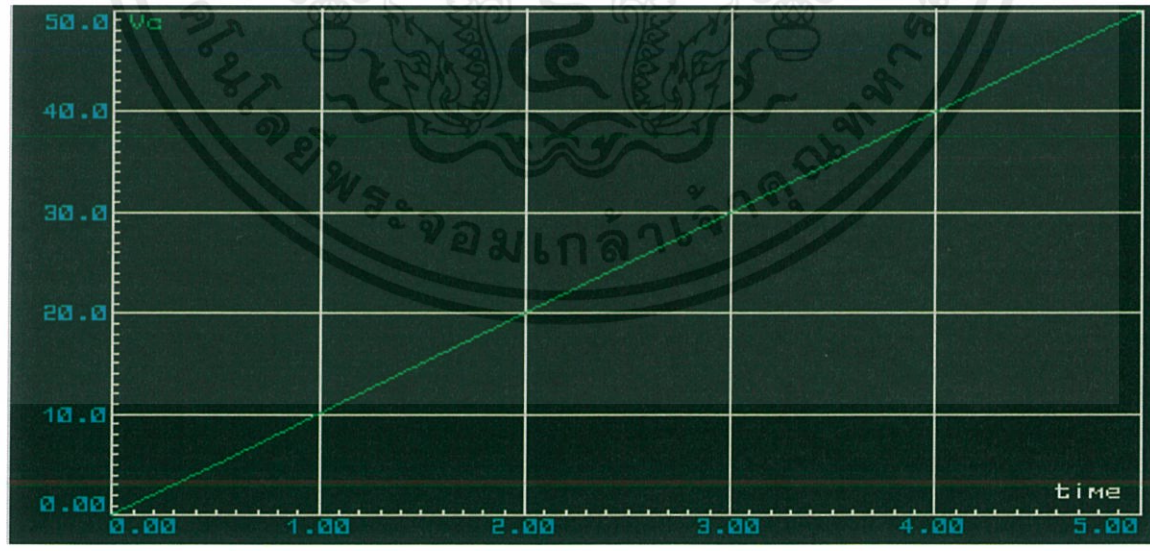
ผลการวิจัย

4.1 Hardware checker

4.1.1 วัดค่าตัวเก็บประจุ



(รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างวงจรในการหาค่าตัวเก็บประจุ)



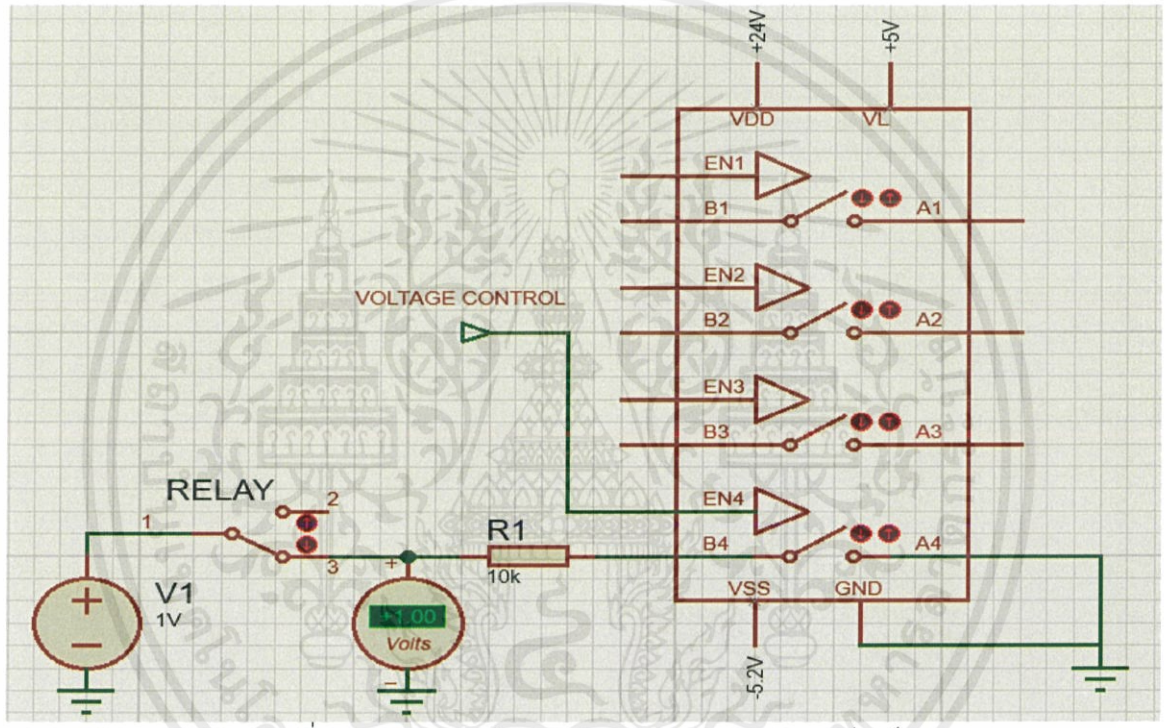
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่วัดจากตัวเก็บประจุกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างวงจรในการวัดค่าตัวเก็บประจุและรูปที่ 4.2 แสดงกราฟแรงดันที่ตัวเก็บประจุ ณ เวลาต่างๆ โดยสามารถหาค่าตัวเก็บประจุได้จากการแทนค่าลงในสมการต่อไปนี้

$$C = I\frac{dt}{dV} = I(\frac{t2 - t1}{V2 - V1}) = (1mA)\left(\frac{4s\ - 2s}{40V - 20V}\right) = 100\ uF$$

4.1.2 ตรวจสอบการทำงานของรีเลย์

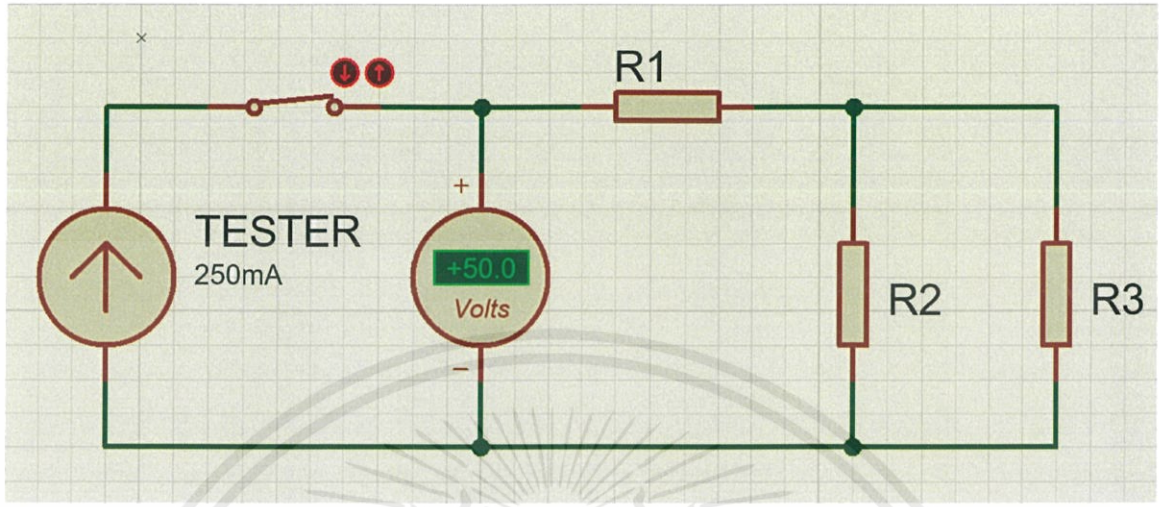


รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการตรวจสอบการทำงานของรีเลย์

จากรูปที่ 4.3 ต้องการทดสอบ Relay โดยทำการสับสวิตช์ที่รีเลย์และจ่ายแรงดันที่ควบคุมการเปิด-ปิดอนาล็อกสวิตช์ให้สับสวิตช์ จากนั้นจ่ายแรงดันไฟ 1V แล้ววัดแรงดันที่ขา 3 ของ Relay จะพบว่าแรงดันที่โวลต์มิเตอร์อ่านได้ควรมีค่าตามแรงดันไฟที่จ่ายเข้าไปคือ 1V นั่นหมายความว่ารีเลย์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

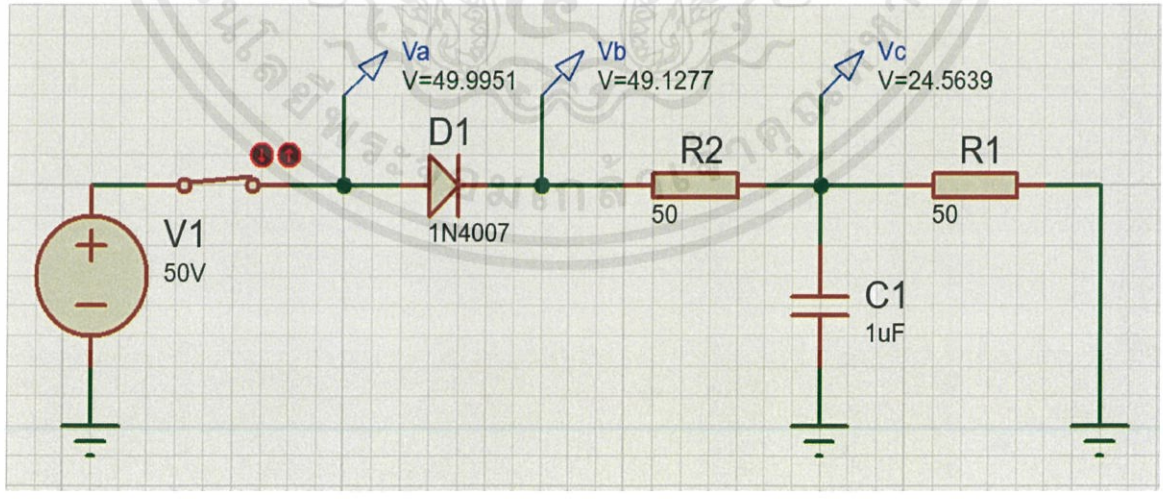
4.1.3 วัดค่าความต้านทาน



รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างวงจรในการหาค่าความต้านทาน

จากรูปที่ 4.4 กำหนดให้ R2=R3=2R1 โดยสามารถหาค่าตัวต้านทานได้จากการแทนค่าลงในสมการ $R = \frac{V}{I} = \frac{50V}{250mA} = 200\ \Omega$ และจากเงื่อนไข R2=R3=2R1จะได้ว่า R1=100 Ω R2=200 Ω และ R3=200 Ω

4.1.4 การตรวจสอบแรงดันในวงจรตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์



รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบแรงดันตั้งแต่แหล่งจ่ายไฟถึงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 แสดงการตรวจสอบแรงดันทุกจุดในวงจรโดยมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

$$Va = Vtester = 50\,V$$

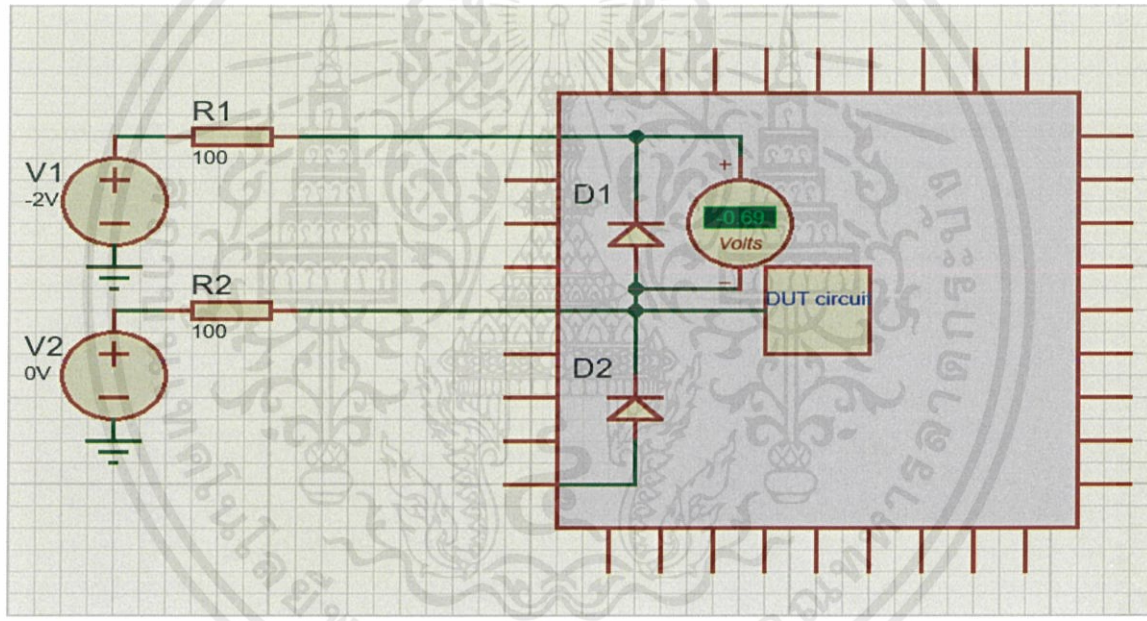
$$Vb = Vtester - Vdiode = 50V - 0.85V = 49.15\,V$$

$$Vc = \left(\frac{R1}{R1+R2}\right)Vb = \left(\frac{50}{50+50}\right)(49.15V) = 24.58\,V$$

ซึ่งถ้าแรงดัน ณ จุดใดไม่ตรงตามที่คำนวณแสดงว่าอุปกรณ์ตัวนั้นอาจมีปัญหาได้

4.2 Contact test

4.2.1 วัดค่าแรงดัน ESD diode

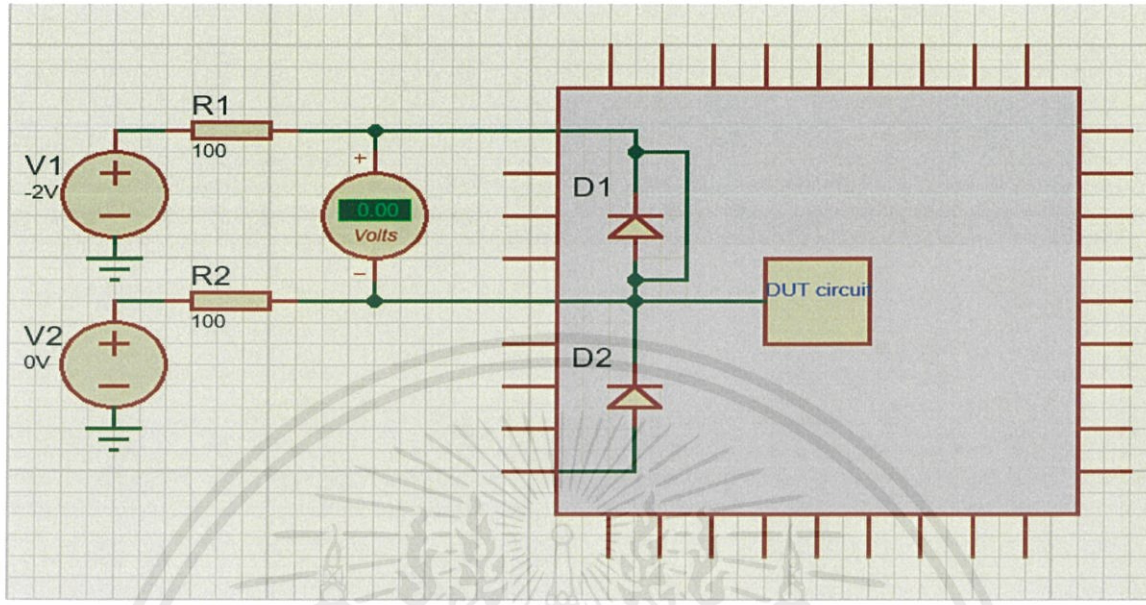


รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการวัดค่าแรงดันที่ ESD diode

จากรูปที่ 4.6 เป็นการทดสอบการทำงานของ ESD diode พบว่าเมื่อจ่ายแรงดัน -2V ที่แคโทด และ 0V ที่แอโนดจะวัดแรงดันที่ไดโอดได้ประมาณ -0.6V ถึง -0.7V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

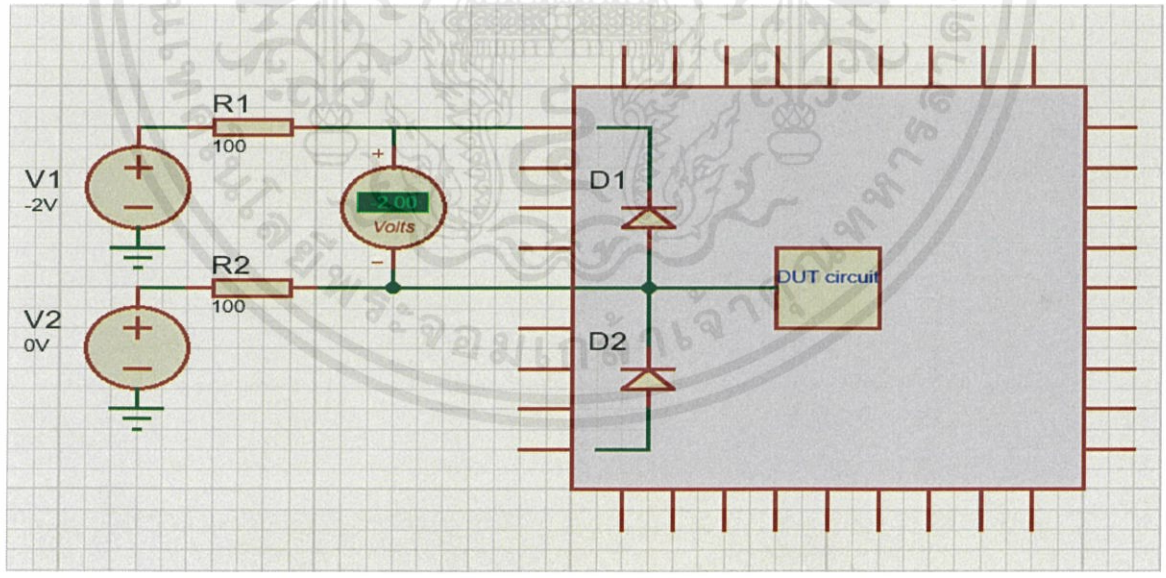
4.2.2 วัดค่าแรงดัน ESD diode เมื่อลัดวงจร



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อเกิดการลัดวงจร

จากรูปที่ 4.7 ในกรณีที่ไดโอดเกิดการลัดวงจรระหว่างขาของตัวงานจะทำให้วัดค่าแรงดันได้ 0V

4.2.3 วัดค่าแรงดัน ESD diode เมื่อวงจรขาด



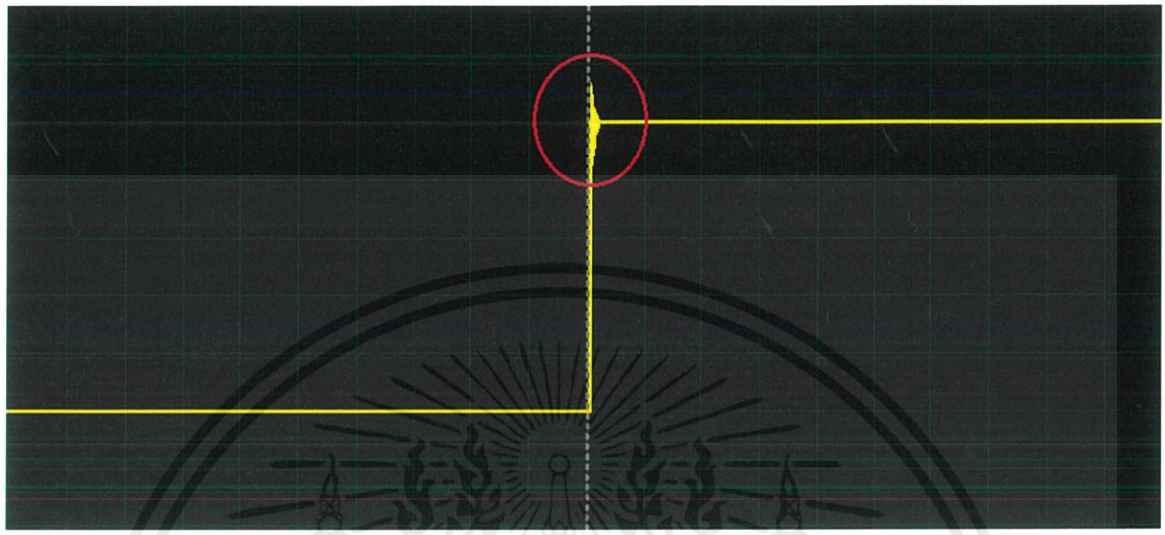
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะของ ESD diode เมื่อวงจรขาด

จากรูปที่ 4.8 เมื่อวงจรภายในระหว่างไดโอดกับขาของตัวงานขาดจะวัดค่าแรงดันได้ -2V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Glitch

4.3.1 ภาพของสัญญาณเมื่อเกิด Glitch



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะของ Glitch ที่พบในวงจร

4.3.2 ภาพของสัญญาณเมื่อมีการแก้ไข Glitch

รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของสัญญาณในวงจรที่มีการแก้ไข Glitch แล้ว

จากรูป 4.9 แสดงลักษณะของ Glitch ที่พบในวงจรโดยสาเหตุมาจากการจ่ายแรงดันจาก 0V ไป 5V อย่างฉับพลันซึ่งสามารถแก้ได้โดยการเพิ่มแรงดันไฟอย่างช้าๆ โดยผลลัพธ์หลังจากแก้ไขแสดงดังรูป 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการวิจัยพบว่าการตรวจสอบอุปกรณ์บนฮาร์ดแวร์นั้นมีค่าตรงตามที่คำนวณ การตรวจสอบการเชื่อมถึงกันระหว่างแหล่งจ่ายไฟถึงตัวงานพบว่าในบางครั้งอาจเกิดลักษณะของวงจรเปิดทำให้ไฟจากแหล่งจ่ายไปไม่ถึงตัวงานซึ่งเกิดจากการไม่สัมผัสกันซึ่งได้แก้ไขแล้ว และส่วนการปรับสัญญาณแรงดันในวงจรพบว่าสัญญาณที่วัดได้มีค่ามากกว่าใน Datasheet โดยเกิดจากการเพิ่มแรงดันไฟอย่างฉับพลันซึ่งได้แก้ไขโดยเปลี่ยนเป็นการเพิ่มแรงดันไฟอย่างช้าๆ

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในส่วนของ Hardware Checker บางครั้งผู้วิจัยมักจะใช้เวลาในการหาสาเหตุของปัญหานานพอสมควรเนื่องจากผู้วิจัยยังไม่ชำนาญและขาดประสบการณ์โดยผู้วิจัยจะพยายามปรับปรุงและพัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้นในครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ยืน ภู่วรวรรณ. (2542). 22 ธันวาคม 2561. https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm

ตัวเก็บประจุ. (2548). 18 ธันวาคม 2561, https://th.wikipedia.org/wiki/ตัวเก็บประจุ

Suwit Manasthaisong. (2556). ภาษา Visual Basic. Retrieved December 18, 2018, from http://pazavisualbasic.blogspot.com/2013/09/visual-basic_5.html

รีเลย์ (Relay). (2557). 18 ธันวาคม 2561. http://www.psptech.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้