รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

พัฒนาระบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง
Test solution development for audio amplifier

นายธนพัชร จิรภาวสุทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

พัฒนาระบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง

Test solution development for audio amplifier

นายธนพัชร จิรภาวสุทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา พัฒนาระบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนพัชร จิรภาวสุทธิ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อ.ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาววาณี ก๊วยสมบูรณ์

สถานประกอบการ บริษัท แม็กซิมอินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน อิเล็กทรอนิกส์ได้เข้าไปเป็นส่วนประกอบของสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของคนเรา อย่างเช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ แม้กระทั่งอุปกรณ์การแพทย์ก็ต้องมีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน จึงต้องมีการทดสอบก่อนที่จะนำไปขาย

โครงงานนี้จึงเป็นการปรับปรุงและพัฒนาระบบทดสอบที่จะนำไปใช้ในการทดสอบวงจรรวม ซึ่งมีในส่วนฮาร์ดแวร์ที่ต้องซ่อมแซมอุปกรณ์ และส่วนของซอฟต์แวร์ ที่จะปรับปรุงวิธีการทดสอบ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพตรงตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังมีการลดเวลาการทดสอบ ที่จะทำเพื่อลดต้นทุนในการซื้อเครื่องทดสอบ และทำให้ทดสอบวงจรรวมได้มากขึ้นในระยะเวลาที่น้อยลงโดยที่ไม่กระทบกับคุณภาพของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Test solution development for audio amplifier

Student intern name: Thanapat Jiraphawasut

Faculty: Engineering

Department: Electronics Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Kriangkrai Sooksood

Advisor name: Chinnapat Nantajiwakornchai

Mentor name: Ms. Wanee Guaysomboon

Company: Maxim Integrated Products Thailand

ABSTRACT

Nowadays electronics can be a component of things in everyday life, such as mobile phones, cars, electrical appliances, medical devices. For safety the equipment must be tested before being sold.

This project, Test system development, aims to improve and develop the test system that will be used to test the integrated circuit. Fixing hardware is the first part and then the software, Improve test method to get an effective IC as designed. Also the test time reduction to reduce the cost of buying the tester and can test more IC in less time without affecting the quality of the IC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสหกิจศึกษา “พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง (Test solution development for audio amplifier)” ที่ได้ร่วมจัดทำกับบริษัทแม็กซิมอินทิเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด ได้รับการช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากบุคคลากรของบริษัทหลายๆท่าน ที่คอยให้การช่วยเหลือเรื่องคำปรึกษาและวิธีการใช้เครื่องมือ

ขอบคุณ คุณวาณี ก๊วยสมบูรณ์ ผู้นิเทศงานที่ได้มอบหมายงาน และให้ความรู้ในการทำงานต่าง ๆ คอยแนะนำวิธีการปฏิบัติตนในการทำงาน ทดลองงานเหมือนการปฏิบัติงานจริง

ขอบคุณ คุณทิวาภรณ์ เปลี่ยนศักดิ์ ที่คอยเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำวิธีคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาตลอดการทำโครงงาน จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่คอยสนับสนุนการทำโครงงานครั้งนี้และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมทั้งเพื่อนๆที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้าทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปอย่างลุล่วง

ทั้งนี้คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานวิศวกรรมเล่มนี้จะมอบประโยชน์และความรู้ให้แก่ผู้อ่านที่สนใจงานเกี่ยวกับเรื่องนี้ไม่มากก็น้อย หากโครงงานเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับคำติชมและความผิดพลาดนั้นไว้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขต่อไป และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธนพัชร จิรภาวสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ส่วนประกอบของระบบทดสอบ	3
2.2 ตัวอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในฮาร์ดแวร์	4
2.3 เครื่องมือวัด	10
2.4 คลีนรูม	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 Planning	12
3.2 Test Development	12
3.3 Verification & Validation	13
3.4 Post Intro	16
บทที่ 4 ผลการวิจัย	18
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	20
เอกสารอ้างอิง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 วิธีดำเนินการวิจัย	2
4.1 สรุปการลดเวลาทดสอบ	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพจำลองระบบทดสอบ	3
2.2 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโตรไลต์	4
2.3 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก	5
2.4 ตัวเก็บประจุแบบไมลาร์	5
2.5 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน	6
2.6 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ	7
2.7 ตัวเก็บประจุแบบลวดพัน	7
2.8 ตัวเก็บประจุชนิดออกไซด์ของโลหะ	8
2.9 รีเลย์	9
3.1 แผนผังการทำงาน	12
3.2 ภาพจำลองการทำ Repeat	13
3.3 ภาพจำลองการทำ Site to Site Gage	14
3.4 ภาพจำลองการทำ Hardware to Hardware Gage	15
3.5 ภาพจำลองการทำ Tester to Tester Gage	15
3.6 ตัวอย่าง Glitch ที่พบในตัวงาน	16
4.1 ตัวอย่างการเก็บค่า Gage	18
4.2 ตัวอย่าง Glitch ที่พบ	18
4.3 วิธีการแก้ไข Glitch	18
4.4 การกระจายที่ต้องแก้ไข	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการอุปโภคบริโภค ที่พักอาศัย คมนาคมขนส่ง ด้านการแพทย์ การสื่อสารโทรคมนาคม การรักษาความปลอดภัย บริการต่าง ๆ มนุษย์ยังคงอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน ด้วยเหตุนี้จึงมีกระบวนการทดสอบและพัฒนาให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา และสามารถนาความรู้ทางไฟฟ้าที่เรียนมาประยุกต์ใช้ได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1) เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาวิธีการทดสอบวงจร

2) เพื่อฝึกฝนการใช้ภาษาในการเขียนโค้ดเพื่อควบคุมเครื่องทดสอบ

3) เพื่อฝึกฝนการใช้โปรแกรมในการจัดการแผนผังวงจร

4) เพื่อเรียนรู้และเข้าใจถึงปัญหาที่พบจากการทำชิ้นงาน ตลอดจนการหาวิธีการแก้ไขปัญหา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบทดสอบสำหรับใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง โดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียนโค้ดเพื่อสั่งการไปยังเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

หัวข้อ	สัปดาห์ที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. กำหนดหัวข้อโครงงาน	↔															
2. ตรวจสอบ Schematic และออกแบบ Layout		↔	↔													
3. แก้ไขฮาร์ดแวร์ส่วนที่เสียหาย				↔	↔	↔										
4. ปรับปรุงซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดสอบ							↔	↔	↔							
5. ลดเวลาการทดสอบ										↔	↔	↔	↔			
6. ตรวจสอบความผิดพลาด (Gage, Deglitch, Dry-run)													↔	↔	↔	
7. นำโปรแกรมไปใช้งาน																↔

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจกระบวนการของระบบทดสอบ และสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในการสั่งการได้

2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

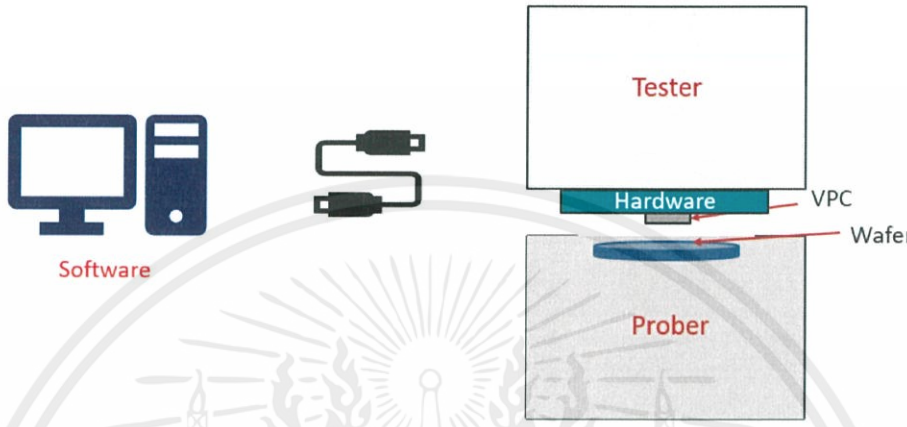
3) ฝึกฝนการทำงานร่วมกับผู้อื่น เตรียมพร้อมในการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนประกอบของระบบทดสอบ (Test system)



รูปที่ 2.1 ภาพจำลองระบบทดสอบ

2.1.1 เครื่องทดสอบ (Tester)

ในระบบทดสอบนั้น จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟ เพื่อทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แหล่งจ่ายไฟที่ใช้กันในงานอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีทั้งแหล่งจ่ายไฟตรงและไฟสลับ แต่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจะเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง ซึ่งแหล่งจ่ายไฟตรงนั้นมีหลายประเภทเช่น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบเชิงเส้น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิทชิ่ง เป็นต้น แต่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมวงจรรวมนั้นจะใช้แหล่งจ่ายไฟซึ่งเรียกว่าเครื่องทดสอบ (Tester) โดยเครื่องทดสอบสามารถปรับค่ากระแสและแรงดันได้แม่นยำกว่า เนื่องจากในวงจรรวมมีอุปกรณ์ขนาดเล็กจำนวนมาก และอุปกรณ์เหล่านั้นต้องการค่าแรงดันหรือกระแสที่แม่นยำมาก ถ้าค่ากระแสหรือแรงดันมีค่าไม่แม่นยำอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์หรือวงจรได้ โดยค่ากระแสหรือแรงดันเหล่านั้นสามารถควบคุมได้ทางชุดคำสั่งในโปรแกรม

2.1.2 ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้นั้นมีหลากหลายภาษา ซึ่งการทดสอบต้องใช้ซอฟต์แวร์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบ (Tester) ให้ทำตามคำสั่งตามที่ผู้ใช้ต้องการเช่น การจ่ายกระแส การวัดค่าแรงดัน การจ่ายสัญญาณพัลส์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟไปยังตัวงานซึ่งเป็นแผ่นเวเฟอร์ เพื่อทดสอบตัวงานก่อนที่จะนำไปส่งขายให้แก่ลูกค้า ในฮาร์ดแวร์นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลากหลายชนิดเช่น ตัวเก็บประจุ รีเลย์ อนาล็อกสวิตช์ ไดโอด เป็นต้น

2.1.4 เครื่องจับเวเฟอร์ (Prober)

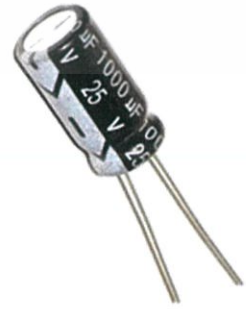
ในกระบวนการทดสอบ สัญญาณจากเครื่องทดสอบจะถูกส่งไปยังตัวงานแต่ละชิ้นผ่านเข็มโพรบ โดยตัวงานนั้นจะมาในรูปแบบแผ่นเวเฟอร์ ซึ่งมีความบางมากๆ จึงต้องใช้เครื่องจับ เพื่อเคลื่อนย้ายแผ่นเวฟอร์มายังฮาร์ดแวร์ และทำการทดสอบ

2.2 ตัวอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในฮาร์ดแวร์

2.2.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวเก็บประจุคือ ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวมัน เช่น ถ้ามีแรงดันไฟตกคร่อมตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทันทีทันใด ตัวเก็บประจุจะทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวมันลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงจุดอิ่มตัวจึงจะหยุดการเปลี่ยนแปลงและในกรณีแรงดันไฟลดลงอย่างทันทีทันใด ตัวเก็บประจุก็หน่วงแรงดันไฟให้ลดลงช้า ๆ จนถึงจุดต่ำสุดจึงจะหยุดการหน่วงแรงดันไฟ จากคุณสมบัตินี้ตัวเก็บประจุมักจะนำไปใช้ในวงจรกรองความถี่ต่าง ๆ ตัวเก็บประจุที่ใช้งานในอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป มีดังนี้

ชนิดอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Capacitor)เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวกลบ เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก



รูปที่ 2.2 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโตรไลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดไบโพล่าร์ (Bipolar Capacitor)นิยมใช้กันมากในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโตรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวกลบ บางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่า ไบแคป

ชนิดเซรามิค (Ceramic Capacitor)เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิ้งความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิคคือมีการสูญเสียมาก

รูปที่ 2.3 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก

ชนิดไมลาร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่า 1 ไมโครฟารัด เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมลาร์แทนเซรามิค เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสน้อยกว่าชนิดเซรามิค เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคไอเอฟของวิทยุ, โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิคในอัตราทนแรงดันที่ เท่ากัน

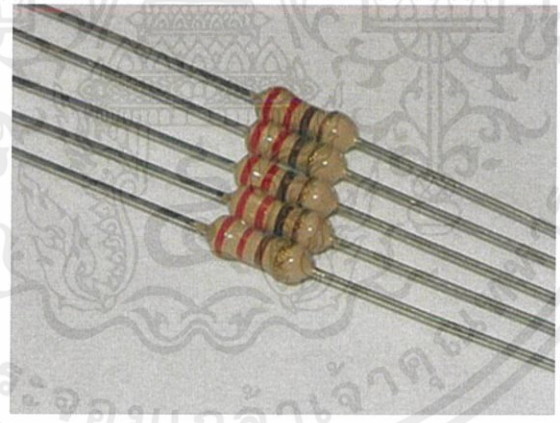
รูปที่ 2.4 ตัวเก็บประจุแบบไมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทานแต่ละตัวภายในวงจรทั่ว ๆ ไป จะมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการคือเป็นตัวควบคุมปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้า และกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าตามจุดต่าง ๆ ที่ได้ทำการออกแบบไว้ในวงจร ซึ่งค่าความต้านทานจะมีหน่วยในการวัดเป็นโอห์ม โดยมีนิยามว่าถ้ามีแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ตกคร่อมตัวต้านทานแล้วยอมให้กระแสไหลผ่านได้ 1 แอมแปร์ ตัวต้านทานนั้นจะมีค่าความต้านทานเท่ากับ 1 โอห์ม ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่มีหลายประเภท ที่นิยมในการนำมาประกอบใช้ในวงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปมีดังนี้

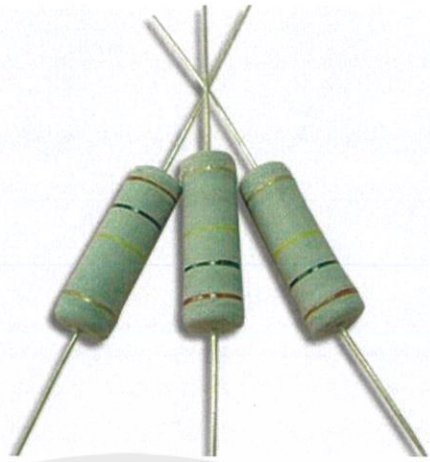
- ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film Resistors) ตัวต้านทานชนิดนี้ทำได้โดยการฉาบหมึก คาร์บอน ซึ่งเป็นตัวความต้านทานลงบนแท่งเซรามิค แล้วจึงนำไปเผา เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มคาร์บอนขึ้นมา หรืออาจจะมีเทคนิคอื่น ๆ ในการผลิตฟิล์มคาร์บอนก็ได้ เมื่อได้แผ่นฟิล์มที่เคลือบอยู่บนแกนเซรามิคแล้ว จึงต่อขาโลหะที่จุดขั้วสัมผัสที่ปลายขาทั้ง 2 ของฟิล์มคาร์บอนออกมาใช้งาน และตัวความต้านทานนี้จะถูกปรับให้มีค่าเที่ยงตรง เสร็จแล้วจึงฉาบด้วยสารที่เป็นฉนวน มีคุณสมบัติในการทำงานเหมือนกับคาร์บอนรีซีสเตอร์ ข้อดีของตัวความต้านทานชนิดนี้คือราคาจะถูกกว่าแบบคาร์บอน แต่ไม่สามารถ ทนต่อแรงดันกระชากในช่วงสั้น ๆ



รูปที่ 2.5 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

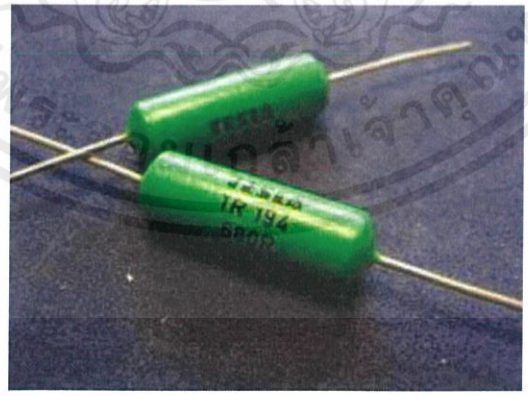
- ตัวต้านทานแบบฟิลม์โลหะ (Metal Film Resistors) เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะของโครงสร้างคล้ายคลึงกับแบบฟิล์มคาร์บอน แต่จะใช้ตัวที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานเป็นสารจำพวกฟิล์มโลหะแทน เหมาะสำหรับงานซึ่งต้องการเสถียรภาพและความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบคาร์บอน สามารถใช้กับงานที่เป็นกระแสไฟสลับได้ดี คือ จะมีย่านความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่สูงเป็นเมกกะเฮิรตซ์ได้ และจะมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ ตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะนี้จะ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากโดยจะมีค่าความ คลาดเคลื่อน +-1% และยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกได้ดี นอกจากนี้ยังเกิดสัญญาณรบกวนที่น้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

- ตัวความต้านทานแบบลวดพัน (Wire Wound Resistors) เป็นตัวความต้านทานที่ทำมาจากเส้นลวดโลหะผสม 2 ชนิด หรือ 3 ชนิด ขึ้นไป เช่น ทองแดง, นิเกิล, โครเมียม, สังกะสี และแมงกานีส พันอยู่บนแกนฉนวนเซรามิคที่มีการระบายความร้อนได้สูง และที่ปลายทั้งสองข้างของขดลวด จะต่อขาโลหะออกมา เพื่อนำไปใช้งาน แล้วเคลือบผิวด้วยน้ำยาเคลือบ, ซีเมนต์, ปลอกแก้ว หรือซิลิโคนเพื่อเป็นฉนวน และป้องกันความชื้น ตัวความต้านทานชนิดนี้ เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดและความเที่ยงตรงสูง จะเป็นตัวความต้านทานที่มีขนาดใหญ่ ส่วนมากค่าความต้านทานของมันจะเขียนบอกไว้ที่ตัวของมัน นิยมใช้ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า เช่น เป็นตัวความต้านทานแบ่งแรงดันในภาคจ่ายไฟ หรือใช้ในวงจรเครื่องไฟฟ้าที่กินกระแสสูง ๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ตัวต้านทานแบบลวดพัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ (Metal Oxide Resistor) ตัวต้านทานชนิดนี้มีโครงสร้างตัวต้านทานที่เคลือบด้วยออกไซด์โลหะ ประเภทดีบุกลงบนวัสดุที่ใช้เป็นฉนวน โดยอัตราส่วนของออกไซด์โลหะ จะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานให้กับตัวต้านทานชนิดนี้ คุณสมบัติพิเศษสำหรับตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ คือ สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ

รูปที่ 2.8 ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ

2.2.3 ไดโอด (Diode)

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ พี-เอ็น สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วย 2 ขั้วคือแอโนดซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และแคโทดซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ไดโอดจะทำงานได้ต้องต่อแรงดันไฟให้กับขาของไดโอด การต่อแรงดันไฟให้กับไดโอด เรียกว่า การให้ไบอัส (BIAS) การให้ไบอัสแก่ไดโอดมีอยู่ 2 วิธีคือ

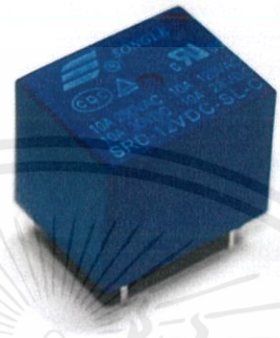
1. การให้ไบอัสตามหรือเรียกว่า ฟอร์เวิร์ดไบอัส (FORWARD BIAS) การให้ไบอัสแบบนี้คือต่อขั้วบวกของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และต่อขั้วลบของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น การต่อไบอัสตามให้กับไดโอดจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดได้ง่ายเหมือนกับไดโอดตัวนั้นเป็นสวิตช์อยู่ในลักษณะต่อทำให้สารกึ่งตัวนำประเภทพีและสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็นมีค่าความต้านทานต่ำ กระแสไฟจึงไหลผ่านไดโอดได้

2. การไบอัสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Reverse Bias ซึ่งการไบอัสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร P มีค่าของแรงดันน้อยกว่าขั้ว K (Cathode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร N ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ไดโอดนั้นไม่สามารถที่จะนำกระแสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจรโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการป้อนกระแส รีเลย์จะทำงานเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้ตามที่กำหนดซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิดและเมื่อไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงก็จะกลายเป็นวงจรเปิด



รูปที่ 2.9 รีเลย์

2.2.5 วงจรรวม (IC)

Integrated Circuit (I.C.) หรือ วงจรรวมเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่รวมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นวงจรหรือส่วนของวงจร ที่มีขนาดเล็กไว้ในตัวเดียว ชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ไดโอด เป็นต้น ดังนั้นไอซีจึงมีหลายขา ไอซีมีหลายชนิดแล้วแต่หน้าที่การทำงานและจะมีหมายเลขประจำตัว เช่น หมายเลข 555, หมายเลข 741 เป็นต้น วิธีดูตำแหน่งขาของไอซี ให้สังเกคุจุดบนขอบ ตัวไอซี ขาข้างที่อยู่ใกล้จุดเรียกว่า ขาที่1 แล้วให้นับเรียงต่อกันไปตามลำดับ ดังแสดงในรูป ทางขวามือเป็นรูปถ่ายจริงของไอซีตัวหนึ่ง

วงจรรวม (ไอซี) เชิงเส้นเพียงหนึ่งตัวมีความสามารถในการทำงานเทียบเท่ากับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นับร้อยชิ้นที่นำมาต่อกันเป็นวงจร โดยเฉพาะไอซีดิจิตอล เช่น ไมโครโพรเซสเซอร์มีความสามารถเท่ากับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นหมื่นหรือแสนชิ้นเลยทีเดียว วงจรรวมทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเนื้อที่ได้ ไอซีนับได้ว่าเป็นสิ่งที่ปฏิวัติอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องมือวัด

2.3.1 มัลติมิเตอร์

มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าได้หลากหลายชนิด เช่น แรงดัน, กระแส, ความต้านทานและสามารถใช้กับไฟกระแสตรง (DC) หรือไฟกระแสสลับ (AC) ได้ แหล่งพลังงานในการทำงานของมัลติมิเตอร์ในปัจจุบันนั้นได้มาจากแบตเตอรี่ขนาด AA หรือ AAA ทำให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้งานในที่ต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย การแสดงผลของมัลติมิเตอร์จะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ มัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter) และมัลติมิเตอร์แบบตัวเลข (Digital Multimeter) ซึ่งงานด้านอุตสาหกรรมจะนิยมใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลมากกว่ามัลติมิเตอร์แบบเข็มเพราะมีความแม่นยำและมีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลายมากกว่า นอกจากนี้ยังสามารถวัดปริมาณกระแสสลับ วัดการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ วัดความจุไฟฟ้าและตรวจสอบไดโอดได้อีกด้วย

2.3.2 ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคป คือ เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า แสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่องสัญญาณมักจะเป็นพล็อตสองมิติของหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งสัญญาณ ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประแบบคือ Analog Oscilloscopes และ Digital Oscilloscopes แบบ อนาล็อก (Analog) จะแสดงผลลัพธ์ผ่านหลอดภาพที่ฉาบด้วยสารฟอสเฟอร์ ส่วนแบบ ดิจิตอล (Digital) จะแสดงผลลัพธ์ผ่านหน้าจอดิจิตอล

Oscilloscopes ใช้เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าในช่วงเวลา เช่น แรงดันไฟฟ้าและเวลาที่อธิบายรูปร่างที่ต่อเนื่องกับมาตราส่วนที่เทียบได้ เราสามารถมองเห็นค่าต่างๆ ที่วัดได้ เช่น ความกว้าง, ความถี่ของสัญญาณ, เวลาการขึ้น, ช่วงเวลา, การบิดเบือนและอื่น ๆ และยังสามารถนำไปใช้ในการวัดสัญญาณต่างๆ ได้มากมาย ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ หรือใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ว่าเสียหรือไม่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คลีนรูม

Clean Room หมายถึง ห้องที่มีการควบคุมความสะอาด ปริมาณอนุภาค ฝุ่นละออง สิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ตลอดจนอุณหภูมิ ความชื้น ที่อยู่ในอากาศ ที่จะต้องควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งถือเป็นมาตรฐานโรงงานอุตสาหกรรมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติงานภายใต้ห้องคลีนรูมนั้น จะมีกฎระเบียบมากมาย เพื่อให้สินค้าในการผลิตได้คุณภาพที่ดีที่สุด และยังคงมาตรฐานต่าง ๆ ตามกำหนด ซึ่งระเบียบพื้นฐานการจะผ่านห้องคลีนรูมนั้นจะต้องทำความสะอาดร่างกายและสวมชุดเฉพาะทาง เพื่อป้องกันมลภาวะต่าง ๆ ที่จะเข้าไปสู่ห้องปฏิบัติการ จากนั้นจะผ่านห้อง Air Lock ซึ่งจะเป็นห้องที่ควบคุมความดันอากาศให้สูงกว่าปกติเล็กน้อย เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองจากห้องใกล้เคียงเข้าสู่ห้องคลีนรูมอีกด้วย

หน้าที่สำคัญ หลักการ 4 ข้อ ของห้องคลีนรูม

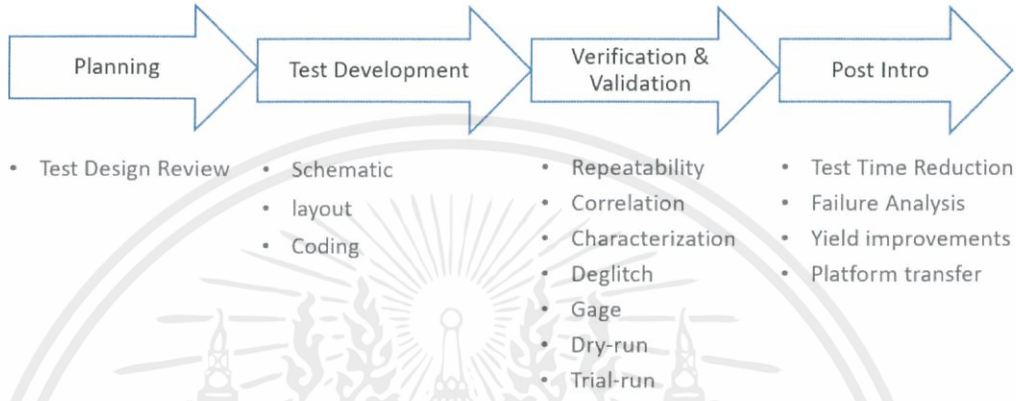
1. ป้องกันอนุภาคและมวลสารจากภายนอกเข้าไปภายในห้องคลีนรูม
   - กรองอากาศที่ผ่านเข้ามาในห้องคลีนรูมโดย HEPA filter
   - รักษา positive pressure ภายในห้องคลีนรูม
   - พนักงานควรผ่าน air shower หรือ air lock ก่อนผ่านเข้าห้องคลีนรูม
   - วัสดุและชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องทำความสะอาดก่อนผ่านเข้าห้องคลีนรูม
2. ป้องกันการก่อให้เกิดอนุภาคของฝุ่นภายในห้องคลีนรูม
   - พนักงานต้องสวมชุด clean room garment เวลาปฏิบัติงาน
   - พนักงานไม่ควรมีการเคลื่อนไหวรวดเร็วถ้าไม่จำเป็นในขณะปฏิบัติงาน
   - วัสดุของพื้น,ผนัง,และฝ้าเพดานไม่ควรเป็นวัสดุที่ทำให้เกิดฝุ่น
3. ป้องกันการสะสมฝุ่นตามผนังห้องและพื้นผิวของวัสดุและเครื่องจักร
   - กำหนดมาตรฐานการทำความสะอาดห้องคลีนรูม
   - พื้นผิวผนังและประตูภายในห้องคลีนรูมควรเป็นวัสดุที่ทำความสะอาดได้ง่าย
4. กำจัดอนุภาคของฝุ่นที่อยู่ภายในห้องคลีนรูม
   - ควรติดตั้งระบบดูดอากาศเป็นจุดๆในบริเวณที่มีการกระจายของอนุภาคฝุ่นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานการวิจัย

แผนผังผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPI flow) เป็นแผนผังที่จัดการให้การทำงานในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีความเป็นระบบ ในรูปที่ 3.1 จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานเป็นลำดับ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงาน

3.1 Planning

เมื่อเราจะเริ่มต้นผลิตภัณฑ์ใหม่จะต้องมีการวางแผน โดยทาง Design Engineering จะทำการ Review ตัวงานและออกแบบการทดสอบว่าจะมีอะไรบ้างแล้วผลลัพธ์แต่ละอย่างควรเป็นอย่างไร จากนั้นจึงส่งมาให้ Test Engineering ทำการเขียนโค้ด

3.2 Test Development

หลังจากที่ทำการ Planning กับ Design Engineering แล้วหลังจากนี้จะเป็นหน้าที่ของ Test Engineering ในการออกแบบการทดสอบต่าง ๆ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ฮาร์ดแวร์ ต้องทำแผนผังวงจร (Schematic) ของฮาร์ดแวร์ที่จะนำไปใช้ทดสอบตัวงาน และส่งไปให้ Layout Engineering จัดวางแผนผังอุปกรณ์ หลังจากนั้นจะได้ฮาร์ดแวร์ออกมาทำการทดสอบ

ซอฟต์แวร์ ระหว่างที่รอกระบวนการผลิตฮาร์ดแวร์ ก็ทำการเขียนโค้ดเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยในโค้ดนี้จะประกอบไปด้วยการทำ Hardware Checker เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์บนฮาร์ดแวร์ว่าถูกต้องครบถ้วนและทำงานได้อย่างสมบูรณ์หรือไม่ ต่อมาเป็น Contact Test เพื่อตรวจสอบการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

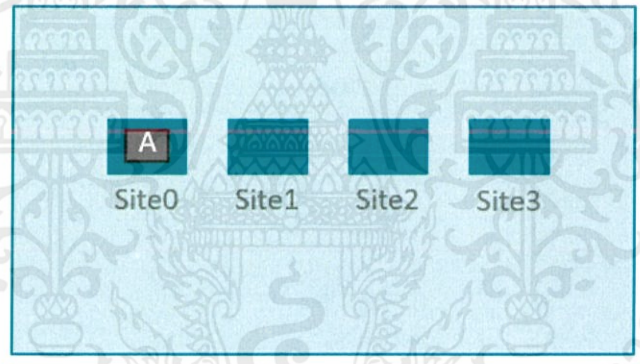
ถึงกันของแหล่งจ่ายไฟกับตัวงาน และตรวจสอบการทำงานของ ESD Diode ด้วย แล้วหลังจากนั้นจึงจะทดสอบตัวงานในด้านอื่นๆต่อไป

3.3 Verification & Validation

ขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบตัวโปรแกรมและฮาร์ดแวร์ว่าพร้อมที่จะนำไปใช้ทดสอบตัวงานจริงหรือไม่ โดยจะมีขั้นตอนการตรวจสอบ ดังนี้

3.3.1 Repeatability

ในฮาร์ดแวร์นั้นจะมีหลาย site เพื่อใช้ทดสอบตัวงานได้ครั้งละหลาย ๆตัว ซึ่งขั้นแรกในการแก้ไขโปรแกรมนั้น เราจะทำในแค่ site เดียวก่อน โดยการทำซ้ำ (Repeat) เพื่อตรวจสอบดูว่าในการรันโปรแกรมทุกครั้งได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยจะมี %Repeat กำหนดอยู่ว่าถ้าคลาดเคลื่อนเกินจาก 2% จะต้องมีการพิจารณาโปรแกรมหรือฮาร์ดแวร์ว่าจะต้องมีการแก้ไขหรือไม่



รูปที่ 3.2 ภาพจำลองการทำ Repeat

ในภาพ 3.2 แสดงการทำซ้ำ โดยการใส่ตัวงาน A ไปที่ Site0 และสั่งให้ทดสอบซ้ำ ๆ เป็นจำนวนหลาย ๆ ครั้ง

3.3.2 Correlation

หลังจากการทำซ้ำจนได้ค่าที่นิ่งแล้ว จะต้องมีการนำค่าไปเปรียบเทียบ (Correlation) กับค่ามาตรฐาน (Benchmark) ของอุปกรณ์ ถ้าค่าที่ได้ไม่ตรงกันก็จะต้องพิจารณาชุดคำสั่ง หรือฮาร์ดแวร์ว่ามีความเสียหายหรือไม่

เมื่อทำการเทียบค่าและแก้ไขภายใน Site0 เสร็จแล้วก็จะใช้ Site0 เป็นตัวตั้งเพื่อเปรียบเทียบและแก้ไขใน Site อื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

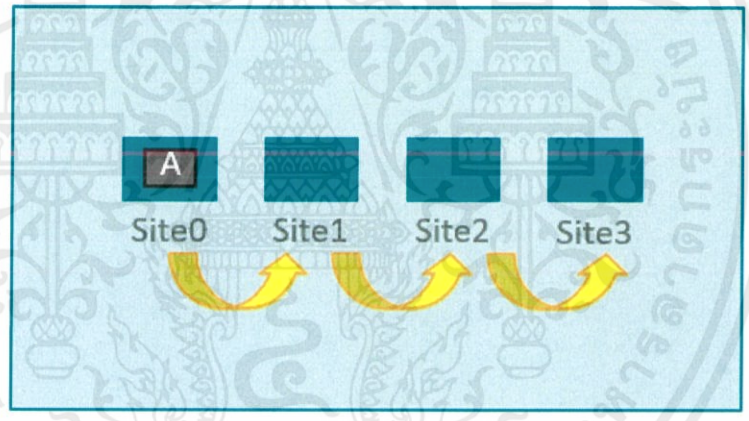
3.3.3 Characterization

เป็นขั้นตอนที่จะทดสอบตัวงานในอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อดูว่าการตอบสนองของตัวงานเป็นเช่นไร โดยจะมีเกณฑ์ของแต่ละอุณหภูมิกำหนดไว้

3.3.4 Gage

เมื่อฮาร์ดแวร์สามารถใช้ได้ครบทุก Site แล้ว ขั้นตอนนี้จะทำโดยการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทดสอบต่าง ๆ ประกอบไปด้วย เครื่องทดสอบ (Tester) ฮาร์ดแวร์ และ ตำแหน่งทดสอบ (Site) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและเที่ยงตรงในปัจจัยที่ต่างกัน โดยมีการทดสอบ ดังนี้

- เปลี่ยนตำแหน่งทดสอบตัวงาน (Site to Site gage)

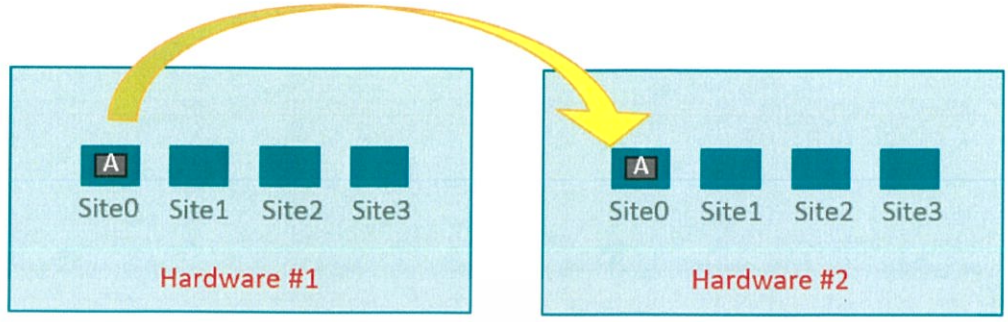


รูปที่ 3.3 ภาพจำลองการทำ Site to Site gage

ขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบว่าในแต่ละ Site ทำงานได้เหมือนกันหรือไม่ จากรูป 3.3 แสดงตัวอย่างการ Site to Site gage โดยใช้ฮาร์ดแวร์ตัวเดิม เครื่องทดสอบเครื่องเดิม แต่จะมีการเปลี่ยน Site และใช้ตัวงาน A สลับตำแหน่งการทดสอบจนครบทุก Site เนื่องจากตัวงานที่ใช้นั้นเป็นตัวเดิม ดังนั้นผลที่ได้จากทุก Site จึงต้องได้ค่าที่เท่า ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

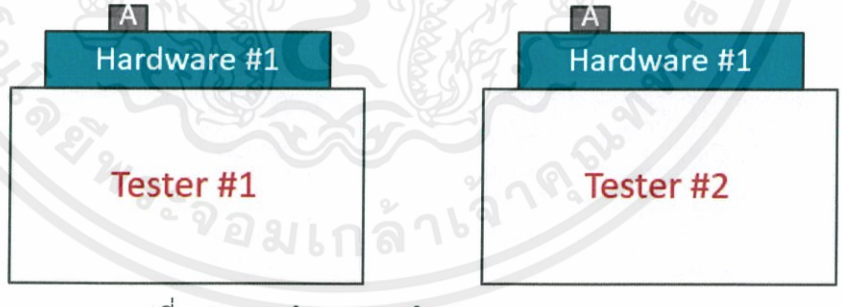
- เปลี่ยนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบ (Hardware to Hardware gage)



รูปที่ 3.4 ภาพจำลองการทำ Hardware to Hardware gage

ในกระบวนการทดสอบนั้นจะมีฮาร์ดแวร์ที่ลักษณะเหมือนกัน อาจจะมากกว่า 2 บอร์ด เพื่อใช้ในการทดสอบตัวงานที่คล้าย ๆ กัน จึงต้องพิสูจน์การตอบสนองต่อตัวงานว่าแต่ละฮาร์ดแวร์จะได้ค่าที่ออกมาเท่ากันหรือไม่ รูปที่ 3.4 นั้น จะเห็นได้ว่า ใช้ตัวงาน A ทดสอบในฮาร์ดแวร์หมายเลข 1 เมื่อเก็บค่าเสร็จแล้ว จะย้ายตัวงานมาใส่ฮาร์ดแวร์หมายเลข 2 และทดสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องทำในเครื่องทดสอบเพียงตัวเดียว

- เปลี่ยนเครื่องทดสอบ (Tester to Tester gage)



รูปที่ 3.5 ภาพจำลองการทำ Tester to Tester gage

ในการทดสอบนี้จะใช้ตัวงานและฮาร์ดแวร์ตัวเดิม แต่จะเปลี่ยนเครื่องทดสอบเพื่อที่จะดูผลของแต่ละเครื่องว่าจะให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 Glitch elimination

ในแต่ละชิ้นงานนั้น จะมี Datasheet ที่จะบ่งบอกข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวงาน เช่น สามารถจ่ายแรงดันสูงสุดและต่ำสุดได้เท่าไร (Absolute maximum voltage) หรือจ่ายกระแสได้เท่าไร ซึ่ง Glitch ก็คือ สัญญาณแรงดันที่เกินจากค่าสูงสุดและต่ำสุดจาก Datasheet เกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ เช่น ถูกสั่งการให้เปลี่ยนแรงดันโดยฉับพลัน เป็นต้น ดังรูปที่ 3.6 แรงดันถูกสั่งให้เปลี่ยนจาก 5 โวลต์ เป็น 0 โวลต์ทันที ใช้ oscilloscope จับสัญญาณจะเห็นว่า แรงดันถูกดึงลงไปต่ำกว่า -300 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของแรงดันที่จะทนได้ จึงต้องแก้ไขโดยการเพิ่มเวลารอ 0.5 มิลลิวินาที

รูปที่ 3.6 ตัวอย่าง Glitch ที่พบในตัวงาน

3.3.6 Dry-run & Trial-run

หลังจากที่แก้ไขทุกอย่างเรียบร้อย จะต้องทำการทดลองรันบนแผ่นเวเฟอร์ เพื่อให้แน่ใจว่าทุกอย่างใช้งานได้เป็นปกติ ก่อนที่จะปล่อยงานให้ Production ไปใช้ทำงานจริง

3.4 Post Intro

เมื่อ Production นำไปใช้งานจริงแล้ว อาจจะพบสิ่งผิดปกติ หรืออยากให้แก้ไขอะไรบางอย่าง เช่น การย้ายแพลตฟอร์มจากเครื่องทดสอบชนิดหนึ่งไปอีกชนิดหนึ่ง (Platform transfer) หรือ อยากให้ลดระยะเวลาการทดสอบ (Test time reduction) ก็จะส่งกลับมาให้ Test Engineering ทำหน้าที่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 Test Time Reduction

ประโยชน์ของการลดเวลานั้น เพื่อให้เราสามารถทดสอบตัวงานได้ในระยะเวลาที่น้อยลง ทำให้ Save cost ที่จะต้องไปซื้อเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้น แต่จะต้องไม่ไปลดคุณภาพของชิ้นงาน โดยการลดเวลานั้นมีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

- วิเคราะห์เวลาทดสอบ (Test time analysis) ก่อนอื่นเราจะต้องนำเวลาทดสอบปัจจุบันมาวิเคราะห์ว่ามีจุดไหนที่ยังใช้เวลามากเกินไป และจะสามารถลดได้อย่างไรบ้าง

- ทดสอบด้วยวิธีการใช้ Parallel site คือ การที่ให้ทุก site ทำงานไปพร้อม ๆ กัน

- ใช้การทดสอบควบคู่กันไป แต่ละชิ้นงานนั้น จะต้องมีการทดสอบหลายอย่าง ซึ่งบางอย่างอาจจะต้องใช้เวลาในการรอสัญญาณนาน เราสามารถใช้เวลาที่รอนี้เพื่อไปทดสอบอย่างอื่นที่ใช้อุปกรณ์อื่นได้ก่อน เพื่อไม่ให้เสียเวลารอ

- ลด Delay time ใช้การ Simulate พลอตกราฟสัญญาณเพื่อดู Settling time ว่าต้องการ Delay time เท่าไร

- เปลี่ยนวิธีการวัดค่า เช่น จากเดิมอาจจะใช้การวัดค่าเป็นเส้นตรง (Linear search) ไล่หาทุกจุดจนกว่าจะเจอค่า Output เปลี่ยนเป็นคาดการณ์ว่า Output อยู่จุดไหน แล้วค่อยวัดค่าก่อนและหลัง (GoNoGo) จะทำให้ลดเวลาในการวัดไปได้

- จัดระเบียบโค้ด ตัวโปรแกรมจะมีเวลาการอ่านโค้ดอยู่เล็กน้อย ซึ่งเราสามารถจัดให้ลดเวลาการอ่านให้น้อยที่สุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการวิจัย

4.1 Gage

Test Name	Board ID	Unit	Standard Deviation	Min	Max	Reproducibility	Repeatability	R&R	%R&R
SPK_Vout_6.5V_0x1C -1<> SPK_Vout_6.5V_0x1C	Gage_Driq2.std Site 0	V	192.8737E-06	2.9745E+00	2.9753E+00	482.7773E-03	30.9566E-03	483.7688E-03	53.75%
SPK_Vout_6.5V_0x1C -1<> SPK_Vout_6.5V_0x1C	Gage_TTR_291018.std Site 0	V	7.294E-03	2.8574E+00	2.8833E+00				

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการเก็บค่า Gage

จากรูป ค่า Gage ที่ได้นั้นถือว่าเกินกำหนด

วิธีการแก้ไข : เพิ่มเวลารอก่อนการวัดค่า

4.2 Glitch elimination

รูปที่ 4.2 ตัวอย่าง Glitch ที่พบ

```
    TheHdw.DCVI.Pins("PVDD, VBAT").Current = 100 * mA
    Wait 3 * ms

    TheHdw.SE_HDPMU.Pins("DVDD").ForceV DigitalLevel_Global
    With TheHdw.SE_HDPMU.Pins("RESET")
        .ForceV DigitalLevel_Global
        .Connect
        Wait 1 * ms
        .Gate = tlOn
    End With
    Wait 1 * ms

    fet_on "VBAT_FET, PVDD_FET", "glitch
```

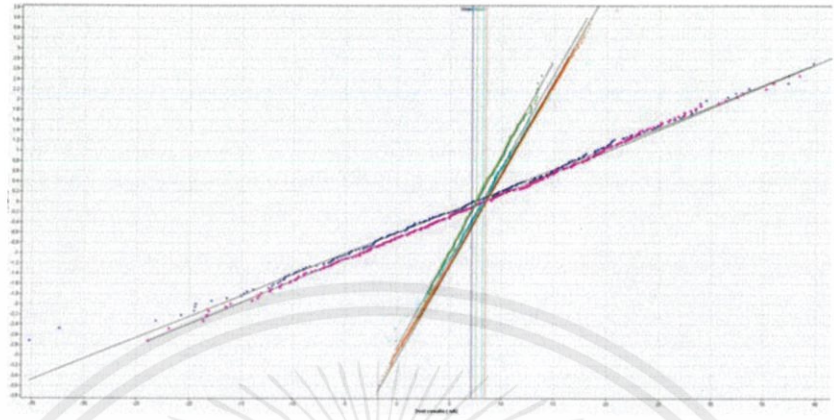
```
433     TheHdw.SE_HDPMU.Pins("DVDD").ForceV DigitalLevel_Gl
434     With TheHdw.SE_HDPMU.Pins("RESET")
435         .ForceV DigitalLevel_Global
436         .Connect
437         Wait 1 * ms
438         .Gate = tlOn
439     End With
440     Wait 1 * ms
441
442     fet_on "VBAT_FET, PVDD_FET"
443
444     TheHdw.DCVI.Pins("PVDD, VBAT").Current = 100 * mA
445     Wait 3 * ms
446
```

รูปที่ 4.3 วิธีการแก้ไข Glitch

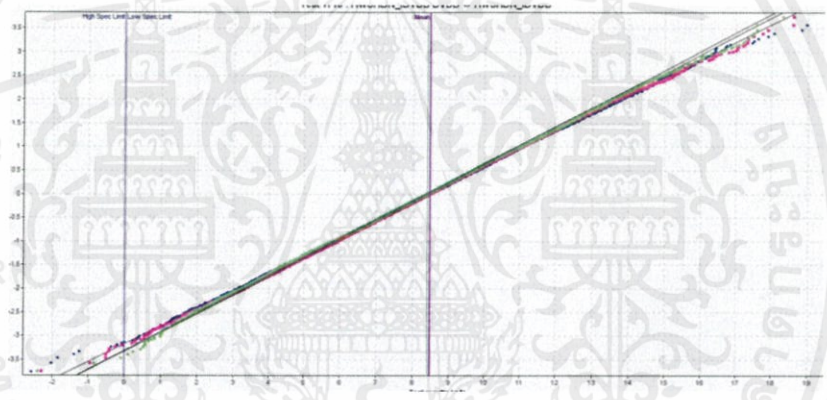
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Dry run

ตัวอย่างการเก็บค่า Dry run แล้วนำค่ามา Plot ดูการกระจายของค่าและเมื่อแก้ไข



รูปที่ 4.4 การกระจายที่ต้องแก้ไข



รูปที่ 4.5 การกระจายเมื่อแก้ไขแล้ว

4.4 การลดระยะเวลาทดสอบ (Test time reduction)

Tester	Processor	Sites	Old TT	New TT	Total TTR	Capital Avoidance
Teruflex MX	Z800	16	16.89	14.76	2 sec.	1 Million USD.
Teruflex MX	Tera1	16	16.2	14.20		

ตารางที่ 4.1 สรุปการลดเวลาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทำโครงงานพัฒนาระบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบวงจรขยายเสียง ผู้จัดทำสามารถเขียนโค้ดเพื่อใช้ในการสั่งการเครื่องทดสอบ สามารถแก้ไขโค้ดให้ทำงานอย่างแม่นยำได้ โดยผ่านการตรวจสอบโปรแกรมด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ ของบริษัท และลดเวลาการทดสอบไปได้เป็นเวลา 2 วินาที ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ในส่วนของฮาร์ดแวร์ ได้มีการวางแผนเพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรและได้ซ่อมแซมให้ใช้การได้ตามปกติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงงานได้ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการสั่งการ ผู้จัดทำไม่มีความคุ้นเคยกับภาษาในช่วงต้น จึงทำให้ต้องใช้เวลาเดือนแรกในการศึกษา ถ้ามีเวลาเพิ่มในการทำสหกิจศึกษาอาจจะทำให้ปรับปรุงโครงงานได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] THITI YAMSUNG. (2015). Capacitor (Online)

Available : https://www.thitiblog.com/blog/919

[2] ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือต่าง ๆ (Online). (2014)

Available : http://www.psptech.co.th/

[3] Clean room (Online). (2015)

Available : http://www.charmace.com/blog/article/1139.html

[4] นัสดนัย วงคำปา. (2013). IC คืออะไร (Online)

Available : http://thoenggj.blogspot.com/2013/02/ic.html

[5] Permpol Thanapunnamas. (2017). Oscilloscope คืออะไร (Online)

Available : https://eleceasy.com/t/oscilloscopes/215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้