รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

บอร์ดทดสอบวงจรรวมตัวอย่างสำหรับมหาวิทยาลัย
Demonstration integrated circuit test board for university

กฤต อิชยพฤกษ์
KRIT ICHAYAPRUEK

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

บอร์ดทดสอบวงจรรวมตัวอย่างสำหรับมหาวิทยาลัย

Demonstration integrated circuit test board for university

กฤต อิชยพฤกษ์

KRIT ICHAYAPRUEK

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา บอร์ดทดสอบวงจรรวมตัวอย่างสำหรับมหาวิทยาลัย

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายกฤต อิชยพฤกษ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อาจารย์ เกรียงไกร สุขสุด

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน อาจารย์ เกรียงไกร สุขสุด

อาจารย์ ชินภัทร นันทจิวากรชัย

สถานประกอบการ บริษัทแม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางและวิธีการทดสอบวงจรรวม โดยการนำวงจรรวมตัวอย่างมาใส่ในเทสเตอร์ แล้วทดสอบด้วยโค้ดโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นมาเพื่อทดสอบแต่ละเงื่อนไขที่เราต้องการที่จะรู้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะนำนำมาวิเคราะห์ถึงความสามารถของวงจรรวมนั้นๆ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เทสเตอร์มีราคาสูงมาก ทางผู้จัดทำจึงได้ศึกษาการเขียนโปรแกรม การทำงาน และการนำบอร์ดตัวอย่างมาใช้ ซึ่งจะจำลองการทำงานและการทดสอบคร่าวๆ ทำให้สามารถทำการทดสอบวงจรรวมที่มหาวิทยาลัยได้ โดยใช้บอร์ดทางบริษัทแม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งออกแบบไว้ให้มีการใช้งานที่ง่าย และสะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Title: Demonstration integrated circuit test board for university

Student Intern Name: Mr. Krit Ichayapruek

Faculty: Engineering **Department:** Electronics Engineering

Advisor Name: Asst.Prof. Kriangkrai Sooksood

Asst.Prof. Chinnapat Nantajiwakornchai

Mentor Name: Asst.Prof. Kriangkrai Sooksood

Asst.Prof. Chinnapat Nantajiwakornchai

Company: maxim integrated products (Thailand) co. ltd

ABSTRACT

This research presents process and methods to test Integrated circuit by bring onto tester then test with code. For test each condition that we want to know. Each result represent to ability of each integrated circuit. But problem is Tester have very high price. We learnt a lot of coding processing and bring Demo board to explain how test cursory. So now we can test integrated circuit in our university by Demo board from maxim integrated products (Thailand) co. ltd which designed with user friendly and comfortable to user

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์เกรียงไกร สุขสุด และ อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องพร้อมให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินโครงงาน ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และให้คำแนะนำในการทำโครงงานฉบับนี้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ Julita Tee ผู้จัดการ แผนก TSDA บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสข้าพเข้าได้เข้าไปศึกษากระบวนการทำงาน และขอขอบพระคุณพนักงานทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและให้การสนับสนุนในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเป็นอย่างดีและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

กฤต อิชยพฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญ(ต่อ)	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คลีนรูม	3
2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	6
2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 การทำงานโดยรวม	15
3.2 การแก้ไขวงจร	16
3.3 เพิ่มการทดสอบ	17
3.4 การทำซ้ำ	17
3.5 คู่มือประกอบการทดสอบ	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการแก้ไขวงจร	19
4.2 ผลการทำซ้ำ	19
4.3 คู่มือประกอบการทดสอบ	20
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	23
5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาสหกิจศึกษา	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	25
ประวัติผู้เขียน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

2.1 ห้องคลีนรูม	4
2.2.1.1 ตัวความต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน	7
2.2.1.2 ต้านทานแบบประกบผิวหน้า	8
2.2.2.1 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์	9
2.2.2.2 ตัวเก็บประจุชนิดไมล่าร์	9
2.2.3 ไดโอด	10
2.2.4 แมคคานิคอลรีเลย์	11
2.2.5 วงจรรวม	12
2.3.4 ตัวอย่าง Datasheet	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ณ ปัจจุบัน วงจรรวมมีประโยชน์ต่อระบบอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ทั้งในเรื่องขนาดและความสามารถในการใช้งานตามจุดประสงค์ของแต่ละชนิด ซึ่งยังคงมีการพัฒนาความสามารถของวงจรรวมเรื่อยมา ดังนั้น ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการทดสอบวงจรรวมเพื่อจะได้เข้าใจวงจรรวมให้มากขึ้น อีกทั้งยังได้พัฒนา ประยุกต์ ความรู้และความสามารถ ตามที่ผู้จัดทำได้ศึกษามา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อที่จะพัฒนาบอร์ดทดสอบวงจรรวม

1.2.2 เพื่อที่จะสามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษา มาประยุกต์ใช้กับงาน

1.2.3 เพื่อที่จะเข้าใจวงจรรวมให้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาการใช้โปรแกรมออกแบบวงจร

1.3.2 ศึกษาการเขียนโปรแกรมทดสอบต่างๆ

1.3.3 เข้าใจการทำงานของบอร์ดทดสอบวงจรรวมและพัฒนาการใช้งานให้ดียิ่งขึ้น

1.3.4 จัดทำคู่มือการใช้งานบอร์ดทดสอบวงจรรวม

1.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลของบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด เกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น การเขียนโปรแกรมขั้นพื้นฐาน การใช้งานโปรแกรมและเครื่องมือต่างๆ การใช้งานเทสเตอร์ เป็นต้น

1.4.2 ทำความเข้าใจและศึกษาวิธีการใช้งานของบอร์ดทดสอบวงจรรวม

1.4.3 เขียนโปรแกรมเพิ่มฟังก์ชั่นการใช้งาน ปรับปรุงวงจรบางส่วนใหม่ และทำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างเทสเตอร์กับบอร์ดทดสอบวงจรรวม

1.4.5 จัดทำคู่มือการใช้งานบอร์ดทดสอบวงจรรวม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบวงจรรวมนั้น เข้าใจได้ง่ายขึ้น เร็วขึ้น เนื่องจากชิ้นงานได้อธิบายภาพรวมของการทำงาน และการใช้งานที่ง่ายต่อผู้ใช้

1.5.2 ผู้จัดทำได้ใช้ความรู้ความสามารถที่เรียนมา ให้เกิดประโยชน์ต่อตัวเอง คนรอบข้าง และคนที่สนใจเกี่ยวกับการทดสอบวงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ห้องคลีนรูม

ห้องคลีนรูม (Cleanroom) หรือที่มักเรียกกันว่า "ห้องสะอาด" หมายถึง ห้องที่มีการควบคุมปริมาณอนุภาค ฝุ่นละอองและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ให้มีไม่เกินระดับที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังรวมไปถึงการควบคุมปัจจัยเสริมต่างๆ ได้แก่ คุณลักษณะและความเร็วของลม อุณหภูมิ แรงดัน และระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอีกด้วย

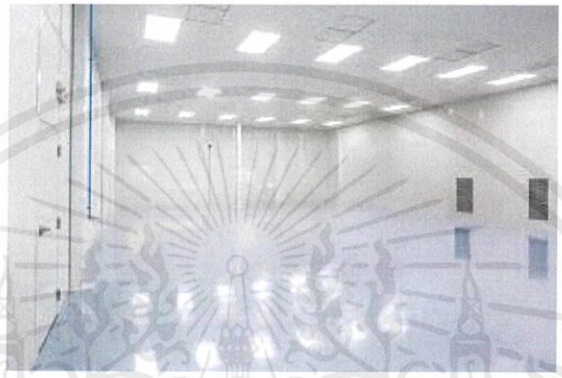
ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตมีการพัฒนาและก้าวหน้าไปมาก มีการนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้สภาวะแวดล้อมที่สะอาด ในกระบวนการผลิต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Clean Room ได้แก่ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ตลอดจนถึงอุตสาหกรรมอิเลคโทรนิคส์ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลที่มีความละเอียดในการทำงานสูง เป็นต้น

Clean Room หรือ “ห้องสะอาด” ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี คศ. 1961 โดย Willis Whitefield ห้องสะอาด หมายถึง ห้องที่มีการปิดมิดชิด มีการควบคุมมลสารในอากาศให้น้อยที่สุด เพื่อให้มีความสะอาดเป็นไปตามระดับมาตรฐานความสะอาด และมีการควบคุมสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความแตกต่างของความดันตามที่ต้องการ

โดยทั่วไปมลสารหรืออนุภาคในอากาศ ประกอบไปด้วยอนุภาคที่มีชีวิต (เชื้อจุลชีพต่างๆ) และอนุภาคที่ไม่มีชีวิต (ผง ฝุ่น) ห้องสะอาดทางชีววิทยา อุตสาหกรรมยาหรือโรงพยาบาล จะเน้นการ ควบคุมหรือป้องกันพวกเชื้อจุลชีพ ส่วนห้องสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมอิเลคโทรนิคส์ที่ต้องการความสะอาดมาก จะเน้นการควบคุมทั้งอนุภาคที่มีชีวิตและอนุภาคที่ไม่มีชีวิต เครื่องมือสำคัญในการควบคุมปริมาณอนุภาคใน Clean Room คือแผ่นกรองอากาศชนิด HEPA (High Efficiency Particulate Air) ซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนได้มีประสิทธิภาพถึง 99.97%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการของห้องปลอดเชื้อ (ห้องคลีนรูม, ห้องสะอาด) เกิดจากปัญหาของสิ่งปนเปื้อน อนุภาคขนาดเล็กและฝุ่นละอองต่างๆ ที่มาจาก ผู้ปฏิบัติงาน เครื่องจักร กระบวนการผลิตรวมทั้งอากาศภายนอก สิ่งเหล่านี้สามารถสร้างปัญหาให้กับผลิตภัณฑ์หรืองานที่กำลังทำอยู่ ส่งผลให้งานที่ได้ขาดประสิทธิภาพ ขอบข่ายของการใช้งานห้องปลอดเชื้อ (คลีนรูม, ห้องสะอาด) มีมากมายตั้งแต่ภายโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารและยา รวมไปถึงโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้



รูปที่ 2.1 ห้องคลีนรูม

2.1.1 การกำหนดคุณสมบัติที่จำเพาะของ Clean Room

- อุณหภูมิที่เหมาะสม กำหนดตามความต้องการของกระบวนการผลิต หรือหากไม่มีความสำคัญทางด้านการผลิต มักกำหนดให้อยู่ในช่วง 72 °F (22.2 °C) ± 0.25 °F (0.14 °C)

- ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ขึ้นกับลักษณะงาน กระบวนการผลิต หรือชนิดผลิตภัณฑ์ ในบางกรณีหากความชื้นสูงไป อาจทำให้ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์เกิดสนิมได้ หรือผลิตภัณฑ์ / สารบางชนิดที่สามารถดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติหรือคุณภาพเปลี่ยนไป ในทางตรงข้าม หากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไป จะเกิดประจุไฟฟ้า ที่วัสดุหรือชิ้นส่วน ทำให้เกิดปัญหาอนุภาค ดูดติดกันได้ หากไม่มีข้อกำหนดเฉพาะ โดยทั่วไปกำหนดให้มีความชื้นประมาณ 50 ± 10 %

- ความดัน ควรรักษาความดันในห้องสะอาดให้เป็นบวกเสมอ (positive pressure) มีทางเข้าออกที่ปิดมิดชิด และมีพัดลมเป่า (air shower) เพื่อดันลมออกไปป้องกันมิให้อนุภาคเข้ามาปนเปื้อนในห้อง ทั้งนี้ห้องที่มีระดับความสะอาดต่างกัน ให้มีความดันต่างกันอย่างน้อย 0.05 นิ้วน้ำ

- แสงสว่าง หากไม่มีการกำหนดพิเศษให้ใช้แสงสว่าง 1,080 – 1,620 lux

- ระดับเสียง ตามข้อกำหนดของการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของ Clean Room แบ่งตามลักษณะการไหลของอากาศ

Conventional Clean Room การไหลของอากาศเหมือนกับระบบปรับอากาศที่ใช้ทั่วไป แต่ใช้ HEPA filter และจำนวนครั้งของการเปลี่ยนอากาศมากกว่า เพื่อลดความสกปรกในห้อง ห้องสะอาดแบบนี้จะมีระดับความสะอาดประมาณ Class 1,000 – 10,000

Horizontal Laminar Clean Room ลมที่ความเร็วคงที่จะไหลผ่าน HEPA filter ที่ติดตั้งเต็มพื้นที่ผนังห้องด้านหนึ่ง ผ่านเข้าสู่ห้องสะอาดแล้วถูกดูดกลับขึ้นด้านบนเพดาน กลับไปสู่เครื่องเป่าลม ห้องชนิดนี้จะมีระดับความสะอาดประมาณ Class 100 นิยมใช้ในอุตสาหกรรม อิเลคโทรนิคส์ ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา เป็นต้น

Vertical Laminar Flow Clean Room ห้องนี้จะติดตั้ง HEPA filter เต็มเพดาน โดยอากาศจะถูกส่งลงจากเพดานผ่าน HEPA filter ในแนวดิ่ง และ ลมจะกลับผ่านพื้นที่ทำให้โปร่ง แล้วกลับสู่เครื่องเป่าลมเย็น มีระดับความสะอาดประมาณ Class 100 ในทางปฏิบัติเหมาะสำหรับ อุตสาหกรรมอิเลคโทรนิคส์

2.1.3 การจัดแบ่ง Class ของ Clean Room

Class 100 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 100 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

Class 1,000 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 1,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

Class 10,000 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

2.1.4 ชนิดของ Clean Room แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

Industrial Clean Room เป็นห้องสะอาดที่ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ อิเลคโทรนิคส์ Microchip อุตสาหกรรมการผลิตสี ฟิล์ม และสารเคมีต่าง ๆ

Biological Clean Room เป็นห้องสะอาดที่ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตยา ห้องปฏิบัติการทางด้านชีววิทยา ห้องผ่าตัด เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ความดันอากาศในห้องจะต้องสูงกว่าความดันอากาศห้องข้างเคียง เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกจากห้องข้างเคียงไหลเข้าสู่ห้องสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Biohazard Clean Room เป็นห้องสะอาดที่ใช้กับห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับ เชื้อโรคไวรัส หรือสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยความดันอากาศในห้องจะต้องต่ำกว่าความดันอากาศห้องข้างเคียง เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อหรือสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพออกไปปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.1.5 วิธีการควบคุมเพื่อรักษามาตรฐานของ Clean Room

- ป้องกันอนุภาคหรือสิ่งสกปรกเข้ามาในห้อง
- ใช้ HEPA filter กรองอากาศที่เข้าสู่ห้อง
- รักษาความดันในห้องให้สูงกว่าภายนอก (positive pressure)
- ทำความสะอาดร่างกายโดยล้างตัวด้วยอากาศ (air washer) ก่อนเข้าห้อง
- ป้องกันการก่อให้เกิดสิ่งสกปรกขึ้น
- สวมชุดพิเศษสำหรับคนงานทุกคน
- วัสดุที่ใช้ในห้อง ต้องไม่ก่อให้เกิดความสกปรกขึ้น
- ป้องกันการสะสมของฝุ่นผงตามผนัง
- การทำความสะอาดห้องต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

2.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.2.1 ตัวต้านทานไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมามีค่าเฉพาะค่าค่าหนึ่งที่ใช้ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้มากที่สุดใน วงจรอิเล็กทรอนิกส์มักเรียกสั้นๆ ว่า อาร์ “R” มีคุณสมบัติในการลดกระแสและแรงดันไฟฟ้า โดยสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสัญลักษณ์ของความต้านทาน โดยหน่วยของความต้านทาน (Resistance) ถูกกำหนดให้มีหน่วยเรียกเป็น โอห์ม (OHM) เขียนแทนด้วยเครื่องหมายอักษรกรีกโบราณ คือ Ω (โอ เมก้า หรือ โอห์ม) ซึ่งได้จากค่ามาตรฐานโดยการเอาแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ต่อกับความต้านทาน 1 โอห์ม และทำให้มีกระแสไหลในวงจร 1 แอมแปร์ ประกอบด้วย หน่วยค่าความต้านทานต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1000 Ω(โอห์ม) เท่ากับ 1 KΩ (กิโลโอห์ม)

- 1000 KΩ (กิโลโอห์ม) เท่ากับ 1 MΩ (เมกกะโอห์ม)

ตัวต้านทาน บอกค่าความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

ตัวต้านทานที่ใช้ จะมี 2 แบบคือ

2.2.1.1 ตัวความต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film Resistors)

ตัวความต้านทานชนิดนี้ทำได้โดยการฉาบหมึก คาร์บอน ซึ่งเป็นตัวความต้านทานลงบนแท่งเซรามิค แล้วจึงนำไปเผา เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มคาร์บอนขึ้นมา หรืออาจจะมีเทคนิคอื่น ๆ ในการผลิตฟิล์มคาร์บอนก็ได้ เมื่อได้แผ่นฟิล์มที่เคลือบอยู่บนแกนเซรามิคแล้ว จึงต่อขาโลหะที่จุดขั้วสัมผัสที่ปลายขาทั้ง 2 ของฟิล์มคาร์บอน ออกมาใช้งาน และตัวความต้านทานนี้จะถูกปรับให้มีค่าเที่ยงตรง เสร็จแล้วจึงฉาบด้วยสารที่เป็นฉนวน มีคุณสมบัติในการทำงานเหมือนกับคาร์บอนรีซีสเตอร์ ข้อดีของตัวความต้านทานชนิดนี้คือราคาจะถูกกว่าแบบคาร์บอน แต่ไม่สามารถทนต่อแรงดันกระชากในช่วงสั้น ๆ

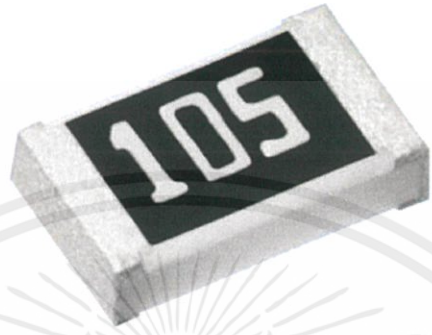
รูปที่ 2.2.1.1 ตัวความต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

2.2.1.2 ต้านทานแบบประกบผิวหน้า (SMT Resistors)

จะระบุค่าความต้านทานด้วยรหัสตัวเลข โดยตัวต้านทาน SMT ความแม่นยำปกติ จะระบุด้วยรหัสเลข 3 หลัก สองหลักแรกบอกค่าสองหลักแรกของความต้านทาน และ หลักที่ 3 คือค่าเลขยกกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ 10 ตัวอย่างเช่น “472” ใช้หมายถึง “47” เป็นค่าสองหลักแรกของค่าความต้านทาน คูณด้วย 10 ยกกำลังสอง โอห์ม ส่วนตัวต้านทาน SMT ความแม่นยำสูง จะใช้รหัสเลข 4 หลัก โดยที่ 3 หลักแรกบอกค่าสามหลักแรกของความต้านทาน และ หลักที่ 4 คือค่าเลขยกกำลังของ 10



รูปที่ 2.2.1.2 ตัวต้านทานแบบ SMT

2.2.2 ตัวเก็บประจุ

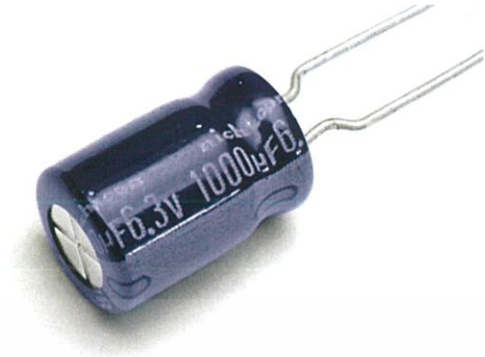
ตัวเก็บประจุ (capacitor หรือ condenser) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ทำหน้าที่เก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน บางครั้งเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่าคอนเดนเซอร์(condenser)เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ และพบได้แทบทุกวงจร

ที่ใช้ในงานนี้จะเป็นแบบตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) คือ ตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟารัด (pF) 10 ไมโครฟารัด แผ่นเพลทตัวนำมักใช้โลหะและมีไดอิเล็กตริกประเภทไมก้า เซรามิค อิเล็กโตรไลติกคั่นกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลติก ชนิดเซรามิค ชนิดไมก้า เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่มีใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีดังนี้คือ

2.2.2.1 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์

ชนิดอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Capacitor)เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวกลบ เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.2.1 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์

2.2.2.2 ตัวเก็บประจุชนิดไมล่าร์

ชนิดไมล่าร์ (Mylar Capacitor)เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่า 1 ไมโครฟารัด เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมล่าร์แทนเซรามิค เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสน้อยกว่าชนิดเซรามิค เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคไอเอฟของวิทยุ ,โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมล่าร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิคในอัตราทนแรงดันที่เท่ากัน

รูปที่ 2.2.2.2 ตัวเก็บประจุชนิดไมล่าร์

2.2.3 ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ p-n สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และ แคโธด (Cathode) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2.3 ไดโอด

จะเห็นตัวถังของไดโอดโดยทั่วไป ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ขึ้นกับชนิด พิกัดกำลังไฟฟ้า ตัวถังของไดโอดบางชนิด สามารถสังเกตขาแคโธดได้ง่ายๆจากขีดที่แต้มไว้

ไดโอดจะทำงานได้ต้องต่อแรงดันไฟให้กับขาของไดโอด การต่อแรงดันไฟให้กับไดโอด เรียกว่า การให้ไบแอส (BIAS) การให้ไบแอสแก่ไดโอดมีอยู่ 2 วิธีคือ

การให้ไบแอสตามหรือเรียกว่า ฟอร์เวิร์ดไบแอส (FORWARD BIAS) การให้ไบแอสแบบนี้คือ ต่อขั้วบวกของแรงดันไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทพีและต่อขั้วลบของแรงดัน ไฟตรงเข้ากับสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็น

การต่อไบแอสตามให้กับไดโอดจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดได้ง่ายเหมือนกับไดโอดตัวนั้นเป็นสวิตซ์อยู่ในลักษณะต่อทำให้สารกึ่งตัวนำประเภทพีและสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็นมีค่าความต้านทานต่ำกระแสไฟจึงไหลผ่านไดโอดได้

การไบแอสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Reverse Bias ซึ่งการไบแอสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร P มีค่าของแรงดันน้อยกว่าขั้ว K (Cathode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร N ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ไดโอดนั้นไม่สามารถที่จะนำกระแสได้ และจากลักษณะของการไบแอสนี้นั้นมันก็จะเป็นลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) อีกอย่างหนึ่ง

ไดโอดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มี 2 ชนิด คือ

1. ไดโอดที่ทำจากซิลิคอนเรียกว่า ซิลิคอนไดโอดเป็นไดโอดที่ทนกระแสไฟได้สูงและสามารถใช้งานได้ในที่มีอุณหภูมิสูงถึง200°Cนิยมเอาไดโอดแบบนี้ใช้ในวงจรเรียงกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไดโอดทำจากเยอร์มาเนี่ยมเรียกว่า เยอร์มาเนี่ยมไดโอด ไดโอดแบบนี้ทนกระแสได้ ต่ำกว่าแบบซิลิคอน ทนความร้อนได้ประมาณ 85°C ไดโอดแบบเยอร์มาเนี่ยมใช้ได้ดีในวงจรที่มีความถี่สูง นิยมนำไดโอดแบบนี้ไปใช้ในวงจรแยกสัญญาณหรือวงจรผสมสัญญาณ

ถ้าป้อนแรงดันไฟให้กับไดโอด โดยการเพิ่มแรงดันไฟที่แหล่งจ่ายจาก 0 โวลต์ ตอนแรกไดโอดยังไม่ทำงานคือไม่มีกระแสไฟไหล เมื่อเพิ่มแรงดันไฟถึง 1 โวลต์ก็ยังไม่มีกระแสไหลผ่านรอยต่อไดโอด เพราะตรงรอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำประเภทพีและประเภทเอ็น ยังมีแนวขวางกั้นศักย์อยู่ เพื่อให้แนวขวางกั้นศักย์ลดลง ต้องให้แรงดันไฟสูงกว่าค่าแนวขวางกั้นศักย์ จึงจะมีกระแสไฟไหลผ่านไดโอด ถ้าเป็นซิลิคอนไดโอดต้องเพิ่มแรงดันไฟตั้งแต่ 0.5-0.7 โวลต์ จึงจะมีกระแสไฟไหลผ่านในไดโอด และแรงดันไฟตั้งแต่ 0.2-0.3 โวลต์ สำหรับไดโอดที่ทำจากเยอร์มาเนี่ยม

2.2.4 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

รูปที่ 2.2.4 แมคคานิคอลรีเลย์

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

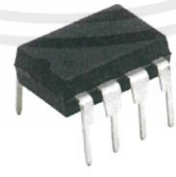
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเองจุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติดปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด

จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

2.2.5 วงจรรวม

วงจรรวม หรือ วงจรเบ็ดเสร็จ (integrated circuit ; IC) หมายถึง วงจรที่นำเอาไดโอด , ทรานซิสเตอร์ ,ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ และองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางทีอาจเรียก ชิป (Chip) และสร้างองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ ฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียด ผสมกับขบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดสูงมาก สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมากภายในไอซี จะมีโลจิกมากมาย ในบรรดาวงจรเบ็ดเสร็จที่ซับซ้อนสูง เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งใช้ทำงานควบคุม คอมพิวเตอร์ จนถึงโทรศัพท์มือถือ แม้กระทั่งเตาอบไมโครเวฟแบบดิจิทัล สำหรับชิปหน่วยความจำ (RAM) เป็นอีกประเภทหนึ่งของวงจรเบ็ดเสร็จ ที่มีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน



รูปที่ 2.2.5 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน

2.3.1 เทสเตอร์

เทสเตอร์ (Tester) เป็นเครื่องมือในการทำฟังก์ชั่นบนบอร์ดฮาร์ดแวร์ให้ทำงานได้ โดยการนำฮาร์ดแวร์มาวางบนเทสเตอร์แล้วสั่งให้บอร์ดทำงาน ซึ่งเทสเตอร์สามารถทำได้หลายอย่าง เช่น จ่ายแรงดัน จ่ายกระแส ควบคุมรีเลย์ ควบคุมทางเดินกระแส วัดเวลา เป็นต้น โดยเราต้องเขียนโปรแกรมอ เพื่อมาควบคุมฮาร์ดแวร์ผ่านเครื่องเทสเตอร์อีกที

2.3.2 เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด (Measurement tools) เป็นเครื่องมือที่เอาไว้วัดข้อมูลต่างๆบนบอร์ดฮาร์ดแวร์ ซึ่งเราจะใช้แค่ 2 แบบ คือ

2.3.2.1 Multimeter

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)

ความแตกต่างในการทำงานของมัลติมิเตอร์แบบเข็มและแบบดิจิตอลนั้น คือ เมื่อมีปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการวัดไหลเข้าสู่วงจร ถ้าเป็นมัลติมิเตอร์แบบเข็มจะเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าที่วัดเป็นปริมาณทางกลทำให้เข็มที่ยึดติดไว้เคลื่อนที่ไปยังค่าที่วัดได้ ส่วนมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลจะเปลี่ยนปริมาณทางไฟฟ้าที่ได้รับส่งผ่านไปยังวงจรสัญญาณดิจิตอลและส่งต่อไปยังหน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลขให้เราอ่านค่า ซึ่งคุณสมบัติของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลกับแบบเข็มมีความแตกต่างกัน เช่น แบบดิจิตอลจะอ่านค่าได้ง่าย แม่นยำกว่าแบบเข็ม เป็นต้น

2.3.2.2 ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือวัดซึ่งจะทำให้เราเห็นรูปร่างของสัญญาณไฟฟ้าโดยแสดงเป็นกราฟของแรงดันบนแกนเวลาที่จอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกับเป็นโวลท์มิเตอร์ที่มีฟังชั่นพิเศษแสดงค่าแรงดันที่เปลี่ยนไปตามเวลา และด้วยช่องตารางขนาด 1 ซม.ทำเราให้สามารถวัด ค่าแรงดันกับเวลาจากจอได้ รูปกราฟนี้ปกติเราเรียกว่ารอยเส้น (trace)ถูกเขียนโดยลำอิเล็กตรอนที่ยิงมากระทบหน้าจอซึ่งฉาบด้วยฟอสเฟอร์ ทำให้เกิดการเปล่งแสง ปกติจะเป็นสีเขียวหรือน้ำเงิน ทำนองเดียวกันกับการเกิดภาพของจอโทรทัศน์

ออสซิลโลสโคปแบบรอยเส้นคู่ (dual trace) หรือ 2 ช่องสามารถแสดงกราฟสัญญาณสองรอยบนจอ ทำให้สะดวกในการใช้งาน เช่น การวัดเปรียบเทียบสัญญาณเข้าและออกของเครื่อง ขยายได้ง่าย เป็นต้น แต่ราคาเครื่องก็แพงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามปัจจุบันดิจิตอลออสซิลโลสโคป มีให้เลือกมากกว่า 2 ช่อง สามารถแสดงกราฟได้หลากสี มีฟังชั่นการใช้งานมากมายขนาดก็บาง น้ำหนักเบา กินไฟน้อย แต่ราคายังคงแพงอยู่

2.3.3 บอร์ดฮาร์ดแวร์

บอร์ดฮาร์ดแวร์ (Hardware board) เป็นบอร์ดที่ไว้รับคำสั่งจากเทสเตอร์เพื่อที่จะทำงานในแต่ละฟังก์ชันโดยนำไปต่อกับเทสเตอร์ แล้วนำวงจรรวมที่ต้องการทดสอบมาใส่

2.3.4 ดาต้าชีท

ดาต้าชีท (datasheet) เป็นเอกสารไว้อ่านประกอบเวลาทำงาน ดาต้าชีทจะบอกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ วงจรรวมที่ใช้ว่าเป็นอย่างไร เช่น ทนแรงดันได้เท่าไหร่ แต่ละขาของอุปกรณ์คืออะไร ใช้งานอย่างไรต้องต่ออุปกรณ์อะไรเพิ่มบ้าง เป็นต้น

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ T_A =+75°C	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single Half Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @ I_F = 1.0A	V_{FM}	1.0							V
Peak Reverse Current @T_A = +25°C at Rated DC Blocking Voltage @ T_A = +100°C	I_{RM}	5.0 50							μA
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	100							K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A	+150							°C
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150							°C

รูปที่ 2.3.4 ตัวอย่าง Datasheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

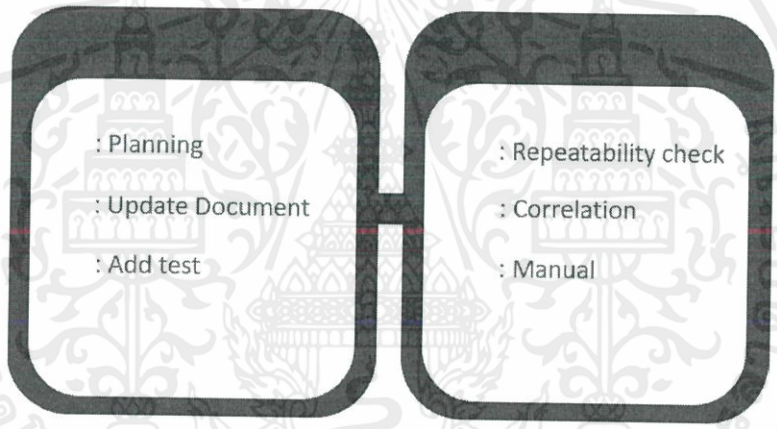
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การทำงานโดยรวม

3.1.1 วางแผนการทำงาน

วางแผนการทำงาน (Planning) คือ เริ่มจากวางแผนว่าจะทำอะไรบ้าง โดยเป้าหมายของงานนี้คือการทำบอร์ดทดสอบวงจรรวม และแบ่งเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้

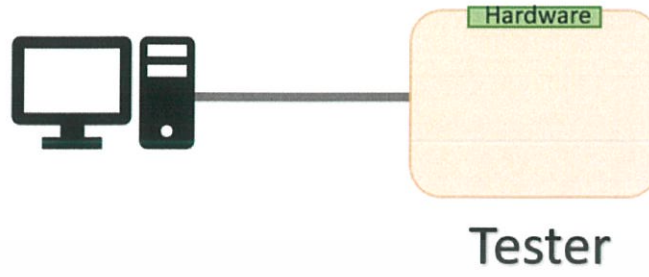


รูปที่ 3.1.1 แผนการทำงาน

3.1.2 เทสเตอร์

การทดสอบนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์ในการทำ ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์กับเทสเตอร์ โดยผ่านคำสั่งของการเขียนโปรแกรม ดังรูปต่อไปนี้

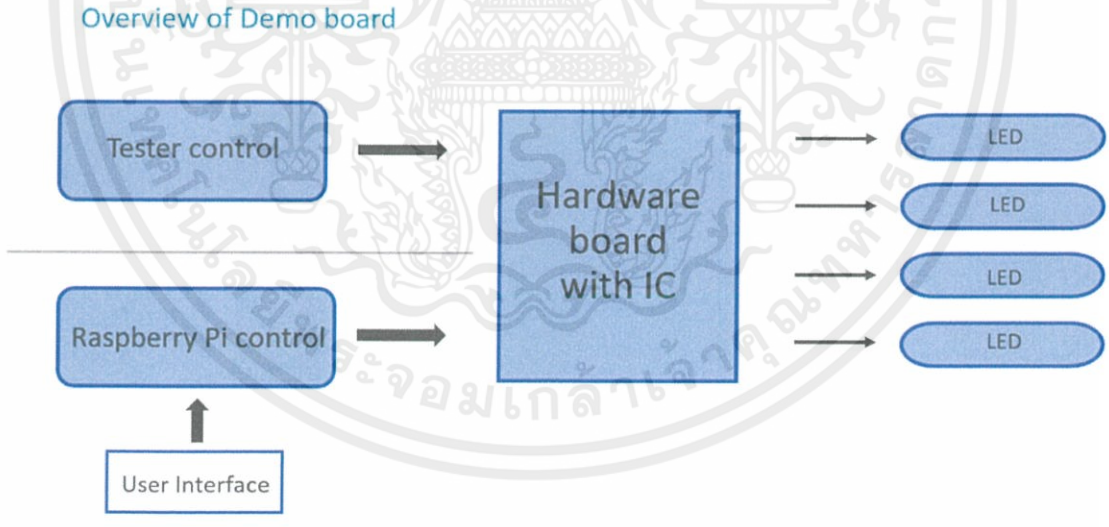
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.2 เทสเตอร์

3.1.3 ภาพรวมของชิ้นงาน

โดยภาพรวมของบอร์ดฮาร์ดแวร์นั้น จะสามารถควบคุมโดยเทสเตอร์ในกรณีที่เราต้องการจะเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการทำงานในฟังก์ชั่นต่างๆ และสามารถควบคุมโดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับไวไฟของ Raspberry Pi ซึ่งจะสั่งการผ่านหน้า User Interface



รูปที่ 3.1.3 ภาพรวมของชิ้นงาน

3.2 การแก้ไขวงจร

เนื่องจากวงจรของเก่านั้น มีหลายๆส่วนของวงจรที่ยังไม่ดีมากนัก ทั้งเรื่องสายไฟ ค่าอุปกรณ์ที่ผิดพลาด ขนาดอุปกรณ์ที่ใหญ่เกิดไป เป็นต้น ทำให้ต้องมีการแก้วงจรเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เพิ่มการทดสอบ

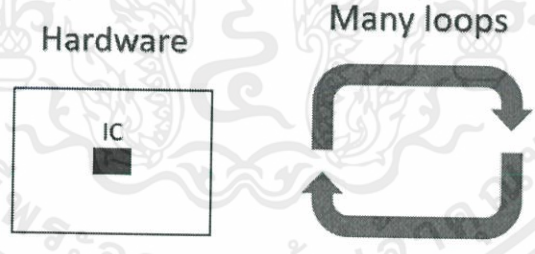
การเพิ่มการทำสอบนั้น เราจะทำโดยการเปิดดาต้าชีท (datasheet) ของวงจรรวมที่เราต้องการจะทำสอบซึ่งเราจะดูในส่วนของ Electrical Characteristics table ว่าเราสามารถทดสอบอะไรได้บ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง และจะได้ผลอย่างไร เช่น ขา RT ของอุปกรณ์ จะมี voltage 1.25 V ตาม EC table เราจึงทดสอบโดย

- จ่าย voltage จากเทสเตอร์เข้าไปในขา RT
- กำหนดกระแสของเทสเตอร์
- วัดแรงดันขา RT จากเทสเตอร์
- เก็บค่าที่วัดได้

จากนั้นนำค่าที่วัดได้ มาดูเทียบกับ EC table ว่าได้ค่าตามที่ตารางกำหนดรึปล่าว

3.4 การทำซ้ำ

เป้าหมายของการทำซ้ำ (Repeatability) คือ เพื่อที่จะมั่นใจว่าจะทดสอบตัวงานอีกกี่ครั้ง ผลที่ได้จากการทดสอบจะยังคงเหมือนเดิม ซึ่งโดยปกติจะทำซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ครอบคลุมค่าตามหลักสถิติ



รูปที่ 3.4 การทำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 คู่มือประกอบการทดสอบ

เนื่องจากเป็นบอร์ดที่ใช้งานโดยไม่ต้องใช้เทสเตอร์ก็ได้ ทางผู้ดำเนินงานจึงได้จัดทำคู่มือสำหรับการใช้งาน ซึ่งจะประกอบไปด้วย

- Description document : อธิบายภาพรวมของบอร์ด การทำงานของบอร์ดและการใช้งานก หน้าต่างที่ไว้ใช้งาน

- Test document : อธิบายเงื่อนการทำสอบว่า เมื่อทดสอบฟังก์ชั่นแต่ละฟังก์ชั่น จะต้องมีการจ่ายแรงดันหรือกระแสแต่ละขาของตัวงานเป็นปริมาณเท่าไหร่

- Correlation document : อธิบายถึงผลการเปรียบเทียบค่าระหว่างเทสเตอร์กับจ่ายโดยไฟเลี้ยง ทั่วไปว่าแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การแก้ไขวงจร

จากการทดสอบการใช้งานบอร์ดฮาร์ดแวร์ที่ได้เขียนโปรแกรมเอาไว้ พบว่าในส่วนการแก้ไขวงจรนั้น ได้แก้ไปหลายอย่างเช่น มี Register บางตัวสลับขางานทำให้ใช้งานลำบาก ไม่มีจุดเทสของกราว ทำให้เวลาวัดขากราวต้องวัดที่ขาอุปกรณ์ บอร์ดต้องการไฟเลี้ยง 2 ค่าคือ 5V และ 12V เป็นต้น ซึ่งได้มีการแก้ไขแล้วดังรูปด้านล่าง

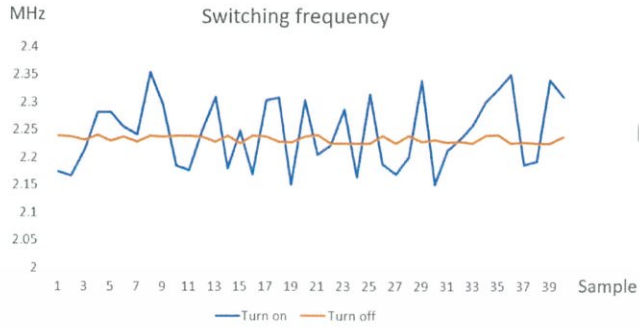
รูปที่ 4.1 การแก้ไขวงจร

แก้ไขไฟเลี้ยง 2 ค่าโดย นำ Regulator มาแปลงไฟจาก 12V เหลือแค่ 5V แล้วจ่ายเข้าบอร์ดฮาร์ดแวร์

4.2 การทำซ้ำ

ในส่วนของการทำซ้ำ จะได้กราฟในส่วนความถี่ที่มีการสวิงเป็นอย่างมาก ซึ่งเกิดจากการเปิด Spread spectrum เพื่อลดคลื่นรบกวนที่เข้ามาในวงจร เราจึงต้องปิดเพื่อที่จะดูว่าสาเหตุไม่ได้เกิดจากตัวงานที่ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทำซ้ำ

4.3 คู่มือประกอบการทดสอบ

ในส่วนของคู่มือประกอบการทดสอบ ซึ่งมี 3 ฉบับคือ

4.3.1 Description document

เป็นเอกสารที่อธิบายถึงการทำงาน รวมถึงหน้าต่างการใช้งานบอร์ดฮาร์ดแวร์

4.3.2 Correlation document

เป็นเอกสารเทียบผลลัพธ์เปรียบเทียบ Tester กับ Bench

		Tester	Bench
No.1	RT Voltage	1.249 V	1.250 V
	VCC voltage	5.000 V	4.980 V
	Switching frequency	2.159 MHz	2.158 MHz
No.2	RT Voltage	1.252 V	1.251 V
	VCC voltage	5.000 V	4.970 V
	Switching frequency	2.125 MHz	2.129 MHz
No.3	RT Voltage	1.255 V	1.254 V
	VCC voltage	4.990 V	4.960 V
	Switching frequency	2.182 MHz	2.188 MHz

รูปที่ 4.3.2 Correlation document

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปด้านบน จะเป็นค่าการเปรียบเทียบระหว่าง Tester กับ Bench (จ่ายโดนไฟเลี้ยงทั่วไป) จะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยทั้ง 3 การทดสอบของตัวงาน 3 แบบ

จากที่เราได้เพิ่มการทดสอบดังตัวอย่างคือ แรงดันที่ RT ซึ่งพบว่าค่าอยู่ใกล้เคียงกับ 1.25V ทั้งการทดสอบทั้ง 2 แบบ รวมถึงการทดสอบอื่นๆ ด้วย

4.3.3 Test document

เป็นเอกสารเกี่ยวกับเงื่อนไขการทดสอบว่า แรงดันแต่ละขาของตัวงานยังเป็นไปตามที่กำหนด

Test Name/Function	Description	Conditions
SUPPLY_5V	Measure Supply Current at 5V When EN turn off	IN = 5V , EN = 0V Measure current at IN Pin
SUPPLY_12V	Measure Supply Current at 12V When EN turn off	IN = 12V , EN = 0V Measure current at IN Pin
SUPPLY_30V	Measure Supply Current at 30V When EN turn off	IN = 30V , EN = 0V Measure current at IN Pin

รูปที่ 4.3.3 Test document

จากรูปด้านบน เป็นตัวอย่าง SUPPLY 5V ,12V และ 30V โดยมีการอธิบายว่าคือการทดสอบไฟเลี้ยงโดยมีเงื่อนไขคือจะต้องให้ INPUT 5V ,12V และ 30V โดย EN ต้องมีค่า 0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

บอร์ดจำลองการทำสอบวงจรรวมนั้น มีการแก้ไขในส่วนต่างๆมากมายเช่น การเพิ่มการทดสอบการแก้ไขวงจร การทำซ้ำเพื่อเช็คความแน่ใจการใช้งาน และการจัดทำคู่มือ ทำให้มีการเห็นภาพรวมการทดสอบวงจรรวมที่ง่าย และทำให้ใช้งานง่ายขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาสหกิจศึกษา

1. เนื่องจากมีหลายส่วนที่ยากไปสำหรับนักศึกษาฝึกงาน จึงทำให้นักศึกษาทำงานชิ้นนี้ ได้ยังไม่สมบูรณ์มากนัก จึงควรศึกษาการทำงานให้เยอะกว่านี้

2. บอร์ดฮาร์ดแวร์ที่ใช้ ถูกออกแบบมาเพื่อดูภาพรวมของการทดสอบ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่สอดคล้องการเป้าหมายที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] คลีนรูม. (2559). 14 มกราคม 2561, https://mostori.com/blog_detail.php?b_id=12

[2] ตัวต้านทาน. (2557). 15 มกราคม 2561, http://www.psptech.co.th

[3] ไดโอด. (2557). 15 มกราคม 2561, http://www.psptech.co.th

[4] รีเลย์. (2557). 15 มกราคม 2561, http://www.psptech.co.th

[5] ตัวเก็บประจุ. (2560). 15 มกราคม 2561, http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7205-capacitor

[6] ไอซี. (2561). 16 มกราคม 2561, https://th.wikipedia.org/

[7] ออสซิลโลสโคป. (2560). 16 มกราคม 2561, http://icelectronic.com/beginner/study/cro.htm

[8] มัลติมิเตอร์. (2560). 16 มกราคม 2561, http://www.engineerfriend.com/2016/articles/electrical/multimeter/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Datasheet ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1. ไดโอด

VISHAY

1N4001 thru 1N4007

Vishay General Semiconductor

General Purpose Plastic Rectifier

DO-204AL (DO-41)

FEATURES

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC

Pb e3 RoHS COMPLIANT

TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

Note

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
V_{RRM}	50 V to 1000 V
I_{FSM} (8.3 ms sine-wave)	30 A
I_{FSM} (square wave t_p = 1 ms)	45 A
V_F	1.1 V
I_R	5.0 µA
T_J max.	150 °C

MECHANICAL DATA

Case: DO-204AL, molded epoxy body
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating
Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

Terminals: Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102
E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

Polarity: Color band denotes cathode end

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25 °C unless otherwise noted)

PARAMETER		SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage		V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage		V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage		V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at T_A = 75 °C		$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load		I_{FSM}	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform T_A = 25 °C (fig. 3)	t_p = 1 ms	I_{FSM}	45							A
	t_p = 2 ms		35							
	t_p = 5 ms		30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length T_L = 75 °C		$I_{R(AV)}$	30							µA
Rating for fusing (t < 8.3 ms)		I^2t (1)	3.7							A^2s
Operating junction and storage temperature range		T_J, T_{STG}	- 50 to + 150							°C

Note

(1) For device using on bridge rectifier appliaction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์

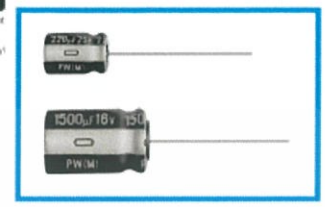
ALUMINUM ELECTROLYTIC CAPACITORS

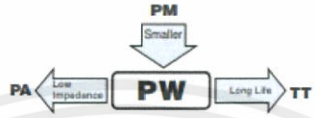
nichicon

PW Miniature Sized, Low Impedance, High Reliability For Switching Power Supplies series

Smaller · Low Impedance · Long Life · Anti-Solvent Feature (Through 100V only)

- Smaller case size and lower impedance than PM series.
- Low impedance and high reliability withstanding 2000 hours to 8000 hours.
- Capacitance ranges available based on the numerical values in E12 series under JIS.
- Compliant to the RoHS directive (2011/65/EU).





■Specifications

Item	Performance Characteristics
Category Temperature Range	−55 to +105°C (6.3 to 100V), −40 to + 105°C (160 to 400V), −25 to +105°C (450V)
Rated Voltage Range	6.3 to 450V
Rated Capacitance Range	0.47 to 15000μF
Capacitance Tolerance	±20% at 120Hz, 20°C
Leakage Current	Rated voltage (V): 6.3 to 100 / 160 to 450 Leakage current: After 1 minute's application of rated voltage at 20°C, leakage current is not more than 0.03CV or 4 (μA), whichever is greater. / CV ≤ 1000 : I = 0.1CV+40 (μA) max. CV > 1000 : I = 0.04CV+100 (μA) max.
Tangent of loss angle (tan δ)	For capacitance of more than 1000μF, add 0.02 for every increase of 1000μF. Measurement frequency : 120Hz at 20°C

Rated voltage (V)	6.3	10	16	25	35	50	63	100	160 to 250	315 · 350	400 · 450
tan δ (MAX.)	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.15	0.20	0.25

Stability at Low Temperature — 120Hz

Rated voltage (V)		6.3 · 10	16 · 25	35 · 50	63 · 100	160 · 200	250	315 · 350	400	450
Impedance ratio (MAX.)	Z−25°C / Z+20°C	—	—	—	—	3	3	4	6	15
	Z−40°C / Z+20°C	—	—	—	—	4	6	8	10	—
	Z−55°C / Z+20°C	3	3	3	3	—	—	—	—	—

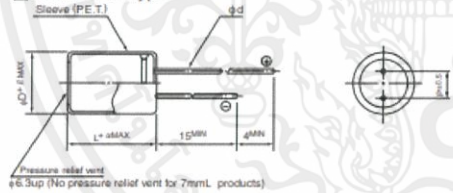
Endurance: The specifications listed at right shall be met when the capacitors are restored to 20°C after D.C. bias plus rated ripple current is applied for 8000 hours (2000 hours for φD=4, 5 and 6.3, 3000 hours for φD=8, 5000 hours for φD=10, 7000 hours for φD=12.5) at 105°C, the peak voltage shall not exceed the rated voltage.

Capacitance change	Within ±20% of the initial capacitance value
tan δ	200% or less than the initial specified value
Leakage current	Less than or equal to the initial specified value

Shelf Life: After storing the capacitors under no load at 105°C for 1000 hours and then performing voltage treatment based on JIS C 5101-4 clause 4.1 at 20°C, they shall meet the specified values for the endurance characteristics listed above.

Marking: Printed with white color letter on dark brown sleeve.

■Radial Lead Type



α	(L = 7) 1.0
	(L < 20) 1.5
	(L ≥ 20) 2.0

(mm)

φD	4	5	6.3	8	10	12.5	16	18	20	22	25
P	1.5	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	7.5	7.5	10.0	10.0	12.5
φd	0.45	0.5 (0.45)	0.5 (0.45)	0.6	0.6	0.6 ※0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0
β	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0

※ Applied to L>25 products
( ) Applied to 7mmL products

• Please refer to page 20 about the end seal configuration.

Type numbering system (Example : 10V 680μF)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	P	W	1	A	6	8	1	M	P	D	

- 12: Size code
- 11–10: Configuration ※
- 9: Capacitance tolerance (±20%)
- 8–6: Rated capacitance (680μF)
- 5–4: Rated voltage (10V)
- 3: Series name
- 2–1: Type

※ Configuration

φD	Pb-free leadwire Pb-free PET sleeve
4 · 5	DD
6.3	ED (7mm L : DD)
8 · 10	PD
12.5 to 18	HD
20 to 25	RD

• Frequency coefficient of rated ripple current

V	Cap. (μF) \ Frequency	50Hz	120Hz	300Hz	1kHz	10kHz or more
6.3 to 100	0.47 to 56	0.20	0.30	0.50	0.80	1.00
	68 to 330	0.55	0.65	0.75	0.85	1.00
	390 to 1000	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00
	1200 to 15000	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
160 to 450	0.47 to 220	0.80	1.00	1.25	1.40	1.60
	330 to 470	0.90	1.00	1.10	1.13	1.15

Please refer to page 20, 21, 22 about the formed or taped product spec.
Please refer to page 4 for the minimum order quantity.

• Dimension table in next page.

CAT.8100D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

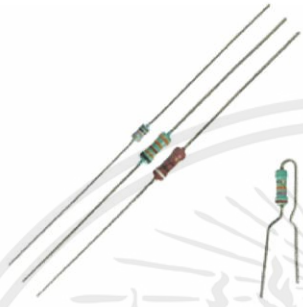
3. ความต้านทาน

VISHAY
www.vishay.com

SFR16S, SFR25, SFR25H

Vishay BCcomponents

Standard Metal Film Leaded Resistors



FEATURES

- Small size (SFR16S: 0204, SFR25 / SFR25H: 0207)
- Low noise (max. 1.5 µV/V for $R > 1$ MΩ)
- Compatible to both lead (Pb)-free and lead containing soldering processes
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

Pb-free
RoHS COMPLIANT
HALOGEN FREE

APPLICATIONS

- General purpose resistors

A homogeneous film of metal alloy is deposited on a high grade ceramic body. After a helical groove has been cut in the resistive layer, tinned connecting leads of electrolytic copper are welded to the end-caps.

The resistors are coated with a colored lacquer (light-blue for type SFR16S; light-green for type SFR25 and red-brown for type SFR25H) which provides electrical, mechanical, and climatic protection. The encapsulation is resistant to all cleaning solvents in accordance with IEC 60068-2-45.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

DESCRIPTION	SFR16S	SFR25	SFR25H
DIN size	0204	0207	0207
Resistance range	1 Ω to 3 MΩ; jumper (0 Ω)	0.22 Ω to 10 MΩ; jumper (0 Ω)	0.22 Ω to 10 MΩ
Resistance tolerance	± 5 %; ± 1 %		
Temperature coefficient	± 250 ppm/K; ± 100 ppm/K		
Rated dissipation, P_{70}	0.5 W	0.4 W	0.5 W
Thermal resistance	170 K/W	200 K/W	150 K/W
Operating voltage, $U_{max.}$ AC/DC	200 V	250 V	350 V
Operating temperature range	-55 °C to 155 °C		
Permissible film temperature	155 °C		
Max. resistance change at rated dissipation $\lvert\Delta R/R$ max.$\rvert$, after 1000 h	± (2 % R + 0.05 Ω)		

Note

- R value is measured with probe distance of 24 mm ± 1 mm using 4-terminal method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล: นายกฤต อิชพยฤกษ์

วัน เดือน ปีเกิด: 30 กันยายน 2539

ที่อยู่: 384 หมู่ 8 ต.เขาชัยสน อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง 93130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

พ.ศ. 2553 โรงเรียงพัทลุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้