รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำ

Develop Wafer Sort Hardware for Cold Sort Testing

นายทัตธน แหรุ่งโรจน์

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายทัตธน แหรุ่งโรจน์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาวพิศลยา หวังอครโรจน์

สถานประกอบการ บริษัท แม็กซิม อินทิเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานการพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบตัวงานในรูปแบบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิ -40 °C จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาวงจรที่มีอยู่แล้วให้สามารถทดสอบตัวงานในอุณหภูมิ -40°C เนื่องจากแผงวงจรทดสอบเดิมสามารถทดสอบตัวงานในช่วงอุณหภูมิ 25 °C ถึง 125 °C เท่านั้น

การพัฒนาวงจรในครั้งนี้แบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนการออกแบบผังภูมิวงจรรวมผ่านโปรแกรมรวมถึงการตรวจสอบลายวงจรก่อนการผลิต และ ส่วนการแก้ไขโปรแกรมบางส่วนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมแหล่งจ่ายสัญญาณเพื่อป้อนสัญญาณให้วงจรในการทดสอบ

ผลลัพท์จากการเปรียบเทียบกับแผงวงจรทดสอบเดิม เราค้นพบว่าแผงวงจรทดสอบใหม่มีความเสถียรกว่าแผงวงจรทดสอบเดิมและเหมาะสมต่อการทดสอบตัวงานที่อุณหภูมิ -40 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Develop Wafersort Hardware for Cold Sort Testing
Student intern name: Tadthon Haerungroj
Faculty: Engineering **Department:** Electronics
Advisor name: Asst.Prof. Kriangkrai Sooksood
Mentor name: Ms.Phislaya Wongakararoj
Company: Maxim Integrated Products (Thailand) Co., Ltd.

Abstract

Develop Wafer Sort Hardware for Cold Sort Testing project was created to develop an existing circuit to test the device at -40 °C due to the original test circuit board were able to test the device in the temperature range of 25 °C to 125 °C only.

The development of this circuit is divided into two main parts, which are the layout circuit design, including verify the layout circuit before fabrication and some program editing part which controls the signal source to feed the signal to test board.

The result of comparison between the new test circuit board and the original test circuit board, We found that the new test circuit board is more stable than the original test circuit board and suitable for testing the body at -40 °C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานเรื่องการพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้จัดการสถานประกอบการ คุณ Julita Tee ที่ปรึกษาโครงงาน พนักงานที่ปรึกษา คุณพิศลยา หวังอครโรจน์ คุณฐมศร ชาญชัยศิลป์ และพนักงานในแผนกทุกท่านที่ได้ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนช่วยแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอดจนโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ผู้จัดทำโครงงานจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณสถานที่ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่อำนวยความสะดวกให้กับผู้จัดทำโครงงานในเรื่องของห้องทำงาน อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ และเครื่องมือทางอุตสาหกรรมอีกทั้งขอขอบคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ที่คอยให้ความรู้และความร่วมมือในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องราวต่างๆรวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณคณาจารย์และสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อมูลต่างๆ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้การปฏิบัติงานในช่วงสหกิจศึกษานี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สุดท้ายนี้นักศึกษาผู้ปฏิบัติงานได้คาดหวังว่ารายงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและหากรายงานนี้มีข้อผิดพลาดประการใดต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ทัตธน แหรุ่งโรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป V

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 3 วิธีการปฏิบัติงาน 6

3.1 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาแผงวงจร 6

3.2 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบวงจร 7

3.3 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับทดสอบชิ้นงาน 7

3.4 ศึกษาการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง 7

บทที่ 4 ผลการวิจัย 9

4.1 ผลการพัฒนาแผงวงจร 9

4.2 ผลการพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบแผงวงจร 9

4.3 ผลการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการทดสอบชิ้นงาน 9

4.4 ผลการทดสอบชิ้นงานด้วยแผงวงจรทดสอบใหม่ 10

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 11

5.1 สรุปผลการวิจัย 11

5.2 ปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น 11

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ปัญหา 11

บรรณานุกรม 12

ภาคผนวก 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 1
ภาพที่ 2.1 3
ภาพที่ 2.2 4
ภาพที่ 4.1 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำเนื่องจากตัวแผงวงจรนั้นในตอนต้นสามารถทำการทดสอบได้ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูงแต่ไม่สามารถทำการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำได้ เนื่องจากบนตัวของแผงวงจรนั้นมีรูเจาะทะลุอยู่จึงเป็นปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิต่ำในระบบปิดซึ่งในระดับอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูงนั้นจะไม่ประสบปัญหาด้านนี้ เนื่องจากชิ้นงานที่จะทำการทดสอบนั้นจำเป็นต้องทดสอบในอุณหภูมิต่ำตัวแผงวงจรสำหรับการทดสอบนั้นจึงต้องมีความสามารถในการทำงานที่อุณหภูมิต่ำด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแผงวงจรที่ใช้สำหรับการทดสอบชิ้นงานในระดับเวเฟอร์ให้สามารถทดสอบชิ้นงานที่อุณหภูมิต่ำได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การออกแบบแผงวงจรสำหรับการทดสอบชิ้นงานระดับเวเฟอร์สำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

1.3.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจสอบแผงวงจรที่ออกแบบ

1.3.3 การปรับปรุงโปรแกรมที่นำไปใช้ทดสอบชิ้นงาน

1.3.4 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 (ตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม ถึง 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

1.3.5 สถานที่ปฏิบัติสหกิจศึกษา บริษัท แม็กซิม อินทิเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่อยู่ 700/114 ตำบล/แขวง คลองตำหรุ อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด ชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20000 ประเทศไทย หมายเลขโทรศัพท์ 038-468341 หมายเลขโทรสาร 038-468350

รูปที่ 1.1 บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 แผงวงจรสำหรับทดสอบชิ้นงานระดับเวเฟอร์ 3 บอร์ด

1.4.2 ชิ้นงานเวเฟอร์ที่ศึกษาจำนวน 2 แผ่น

1.4.3 ทำการทดลองและรวบรวมผลการทดลอง

1.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงสถิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจกระบวนการการทดสอบชิ้นงานต่างๆ

1.5.2 มีความมั่นใจอย่างถูกต้องในการปฏิบัติงานด้วยตนเอง

1.5.3 สามารถปรับตัวทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

1.5.4 มีความรู้ความเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการและสามารถวิเคราะห์แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Ohm's Law

โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ถูกยกย่องให้เป็นผู้ค้นพบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสำหรับตัวต้านทาน โดยความสัมพันธ์นี้รู้จักกันในนาม"กฎของโอห์ม(Ohm's Law)"

กฎของโอห์ม กล่าวไว้ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานนั้นแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานนั้น ดังนี้

$$V \propto I$$

V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

โอห์มกำหนดค่าคงที่สำหรับค่าความต้านทานให้ตัวต้านทานเป็น R (ความต้านทานนั้นคือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าภายในหรือภายนอกของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงหรืออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง) โดยได้สมการดังนี้

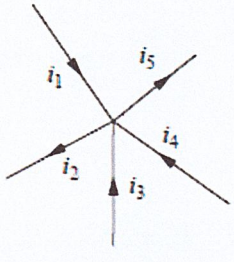
$$V = IR$$

R คือ ค่าความสามารถในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

2.2.2 Kirchhoff's Law

ด้วยเพียงกฎของโอห์มนั้นไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการวิเคราะห์วงจร อย่างไรก็ตามเมื่อนำกฎของโอห์มมาใช้งานควบคู่กับกฎของเคอร์ชอฟฟ์ทั้งสองกฎ เราจะสามารถวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าต่างๆได้ กฎของเคอร์ชอฟฟ์ถูกนำเสนอในปี ค.ศ.1847 โดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน Gustav Rovert Kirchhoff (ปี ค.ศ.1824-1887)

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law (KCL)) กล่าวว่า "สมการของผลรวมกระแสที่ไหลเข้าหรือออกจากโหนด(หรือลูปปิด)มีค่าเป็นศูนย์"



รูปที่ 2.1 กระแสไหลเข้าโหนด

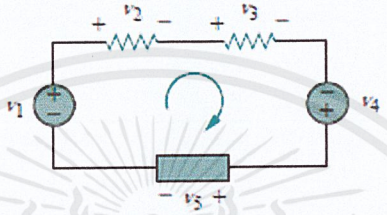
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{n=1}^{N} i_n = 0$$

N คือ จำนวนเส้นทางเดินกระแสที่เชื่อมต่อกับโหนด

i_n คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ n ที่ไหลเข้าหรือออกจากโหนด โดยให้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าเป็นบวก และค่ากระแสที่ไหลออกเป็นลบ

กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law) กล่าวว่า "สมการผลรวมของแรงดันไฟฟ้าทั้งหมดในวงจรปิด(ลูปปิด)มีค่าเป็นศูนย์" ดังสมการนี้



รูป 2.2 วงจรตัวอย่างสำหรับกฎของ KVL

$$\sum_{m=1}^{M} v_m = 0$$

M คือ จำนวนแรงดันไฟฟ้าทั้งหมดในลูปปิด

v_m คือ แรงดันไฟฟ้าที่ m

2.2.3 Programming Language : C++ Language

C++ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบออบเจ็ค และการเขียนแบบปกติทั่วไป และยังมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการจัดการและเข้าถึงระดับหน่วยความจำนอกจากนี้มันยังถูกนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมแบบต่างๆ มากมาย เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบฝังตัว (Embedded) เว็บเซิร์ฟเวอร์ การพัฒนาเกม และแอพพลิเคชันที่ต้องการประสิทธิภาพอย่างสูง

ภาษา C++ เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาในการเขียนโปรแกรมระบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการออกแบบโปรแกรมสูง C++ เป็นภาษาที่ต้องคอมไพล์ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถพัฒนาได้ในหลายๆ แพลตฟอร์ม ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยองค์กรต่างๆ ที่ประกอบไปด้วย Free Software Foundation (FSF's GCC) LLVM Microsoft Intel และ IBM

C++ นั้นถูกกำหนดให้เป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานโดย International Organization for Standardization (ISO) ซึ่งเวอร์ชันล่าสุดนั้นเผยแพร่ในธันวาคม 2014 คือ ISO/IEC 14882:2014 หรือที่รู้จักกันในชื่อของ C++14 โดยที่ภาษา C++ ได้เริ่มกำหนดมาตราฐานครั้งแรกในปี 1998 คือ ISO/IEC 14882:1998 ภาษา C++ ถูกพัฒนาโดย Bjarne Stroustrup ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bell Labs ตั้งแต่ปี 1979 ซึ่งในตอนแรกเป็นส่วนขยายของภาษา C โดยที่เขาต้องการที่จะพัฒนาภาษาที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นเหมือนกับภาษา C และยังมีคุณสมบัติใหม่ที่สูงกว่าสำหรับพัฒนาโปรแกรม

Bjarne Stroustrup นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ชาวเดนมาร์ก ได้สร้างภาษา C++ ขึ้นในปี 1979 โดยเขาเริ่มจาก "C with Classes" ซึ่งเป็นภาษาก่อนหน้าของภาษา C++ แรงจูงใจสำหรับการสร้างภาษาใหม่นั้นมีต้นกำเนิดมาจากประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมสำหรับงานวิจัยในการศึกษาระดับปริญญาเอกของเขา ในขณะที่ Stroustrup เริ่มต้นการทำงานที่ AT&T Bell Labs เขามีปัญหาในการวิเคราะห์ UNIX kernel ซึ่งเกี่ยวกับ distributed computing จากการจดจำในประสบการณ์ปริญญาเอกของเขา Stroustrup ตั้งใจว่าจะเพิ่มความสามารถให้ภาษา C กับคุณสมบัติที่เหมือนภาษา Simula เขาเลือกภาษา C เพราะว่ามันเป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ที่ทำงานเร็ว สะดวกใช้งานง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนกระทั่งในปี 2011 มาตฐานของ C++11 ได้ถูกเผยแพร่ โดยการเพิ่มคุณสมบัติใหม่เข้ามามากมาย รวมทั้งการเพิ่มเติมขนาดของไลบรารี่มาตรฐาน และให้ความสะดวกแก่โปรแกรมเมอร์ภาษา C++ เป็นอย่างมาก

2.2.4 กระบวนการแก้ปัญหา 8 ขั้นตอน (8D Problem Solving)

กระบวนการแก้ปัญหา 8 ขั้นตอนนั้นเกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อแก้ไขปัญหาโครงสร้าง 8 ขั้นตอนนั้นถูกใช้เพื่อช่วยในการโฟกัสกับความจริงแทนที่จะเป็นความคิดเห็น ขั้นตอน 8D คือ D1 : ทีม, D2 : ปัญหา, D3 : การปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาเบื้องต้น, D4 : การวิเคราะห์รากสาเหตุของปัญหา, D5 : การกำหนดแนวทางการแก้ไข, D6 : การตรวจสอบประสิทธิภาพของการดำเนินการแก้ไข, D7 : กำหนดมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ, D8 : ยินดีกับความสำเร็จของทีม

กระบวนการแก้ปัญหา 8 ขั้นตอนนั้นจะเกิดประสิทธิภาพโดยตรงกับการพัฒนาที่เหมาะสมอย่างเป็นขั้นเป็นตอนในการกำจัดรากของปัญหาที่แท้และกำจัดการเกิดปัญหาอย่างถาวรอีกทั้งยังเป็นการช่วยในการค้นหาระบบการทำงานที่ใช้หนีปัญหาแทนการแก้ปัญหาได้ด้วย

ทั้งหมดที่กล่าวมาเบื้องต้นกระบวนการแก้ปัญหา 8 ขั้นตอนนั้นไม่ได้มีความตั้งใจในการที่จะเข้าไปแทนที่ระบบการแก้ไขที่มีคุณภาพ เป้าหมายของกระบวนการแก้ปัญหา 8 ขั้นตอนนั้นคือเพื่อเผชิญหน้ากับปัญหาและเพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องในการจัดการระบบที่เกิดขึ้นตั้งแต่ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาแผงวงจร

การออกแบบและพัฒนาแผงวงจรจะเกิดขึ้นเมื่อมีความต้องการทดสอบชิ้นงานใหม่ๆหรือมีความต้องการทดสอบชิ้นงานเดิมในเงื่อนไขใหม่ๆ ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมายในครั้งนี้คือการพัฒนาแผงวงจรโดยอ้างอิงจากแผงวงจรเดิมเพื่อให้แผงวงจรสำหรับการทดสอบนั้นสามารถทำงานได้ที่ในอุณหภูมิต่ำ

3.1.1 การเลือกเปลี่ยนอุปกรณ์

สืบเนื่องจากที่แผงวงจรเดิมนั้นมีการใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นเชิงกลซึ่งทำให้มีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นชั้นสารจึงทำการเปลี่ยนจากอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นเชิงกลให้เป็นอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบชั้นสาร

3.1.2 การออกแบบตำแหน่งการวางอุปกรณ์

อ้างอิงจากแผงวงจรเดิม ที่แผงวงจรเดิมนั้นมีการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนตัว แผงวงจรทั้งด้านบนและด้านล่าง แต่แผงวงจรสำหรับทดสอบชิ้นงานนั้นไม่ควรมีอุปกรณ์ที่อยู่ด้านเดียวกับด้านที่มีการติดตั้งชิ้นงานที่ต้องการจะทดสอบเนื่องจากการทดสอบนั้นมีจุดประสงค์หลักในการทดสอบชิ้นงานที่อุณหภูมิต่างๆเท่านั้น หากมีการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของแผงวงจรสำหรับทำการทดสอบชิ้นงานด้านเดียวกับที่มีการติดตั้งชิ้นงานในการทดสอบชิ้นงานที่แต่ละอุณหภูมิจะส่งผลให้แผงวงจรสำหรับทดสอบชิ้นงานไม่สามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพได้

3.1.3 การปรับเปลี่ยนลักษณะแผงวงจร

เนื่องจากแผงวงจรเดิมนั้นมีการเจาะรูทะลุสองด้านอยู่บนตัวแผงวงจรซึ่งการมีรูสองด้านส่งผลกระทบต่อการควบคุมอุณหภูมิการทดสอบชิ้นงาน การทดสอบชิ้นงานนั้นทำโดยการสร้างอุณหภูมิในระบบปิดให้เป็นไปตามที่เราต้องการโดยมีตัวแผงวงจรเปรียบเสมือนส่วนหลักของการทำระบบปิด ซึ่งหากตัวแผงวงจรนั้นมีรูเจาะทะลุสองด้านจะทำให้การควบคุมอุณหภูมิต่ำ (-40 องศาเซลเซียส) ในระบบปิดนั้นเป็นไปไม่ได้เนื่องจากหลังการทดสอบหากระบบปิดนั้นไม่สมบูรณ์จะทำให้มีการก่อตัวของน้ำแข็งที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่สามารถระเหิดได้อย่างสมบูรณ์ หากระบบปิดนั้นสมบูณ์เมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้วจะไม่มีการก่อตัวของน้ำแข็งบนตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบวงจร

ก่อนการทดสอบชิ้นงานนั้นผู้ทำการทดสอบจำเป็นต้องทำให้แน่ใจว่าแผงวงจรที่จะนำไปทำการทดสอบชิ้นงานนั้นไม่มีความผิดปกติใดๆบนตัวแผงวงจร การตรวจสอบแผงวงจรสำหรับทดสอบนั้นจะเป็นการตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งบนตัวแผงวงจรว่ามีคุณสมบัติและการทำงานที่ถูกต้องตามที่ต้องการ เช่น การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ การวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทาน เป็นต้น โดยการตรวจสอบนั้นทำได้โดยการเขียนโปรแกรมทดสอบด้วยภาษา C++ บนแพลตฟอร์มของทางบริษัทเพื่อใช้งานกับเครื่องทดสอบและทำการทดสอบแผงวงจร

3.3 ศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับทดสอบชิ้นงาน

ระบบการทดสอบชิ้นงานนั้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์สามชนิด คือ ชิ้นงาน, แผงวงจรสำหรับทดสอบ, โปรบการ์ด และเครื่องทดสอบ โดยการจะทำการทดสอบชิ้นงานได้ผู้ทำการทดสอบจะต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเครื่องทดสอบให้ทำการทดสอบชิ้นงานผ่านแผงวงจรสำหรับทดสอบโดยการเขียนโปรแกรมทดสอบนั้นมีรูปแบบหลักดังนี้

3.3.1 การตรวจสอบหน้าสัมผัสชิ้นงาน (Contact Test)

เป็นการตรวจสอบเพื่อทำให้มั่นใจว่าชิ้นงานนั้นมีการเชื่อมต่อกับระบบทดสอบแล้ว โดยตรวจสอบผ่านโครงสร้างไดโอด ESD (Electro Static Diode) ภายในชิ้นงาน

3.3.2 การตรวจสอบหมายเลขระบุตัวชิ้นงาน (Wafer ID Verify)

ที่ทุกชิ้นงานเวเฟอร์(1 แผ่น)จะมีการระบุหมายเลขประจำตัวเอาไว้จึงต้องมีการ ตรวจสอบทุกครั้งที่ทำการทดสอบว่ากำลังทำการทดสอบกับเวเฟอร์หมายเลขใดอยู่

3.3.3 การเช็คกระแสซัพพลายอย่างหยาบ (Supply Gross Check)

ทดสอบโดยการป้อนแรงดันค่าๆหนึ่งให้กับชิ้นงานที่ขาใดขาหนึ่งเพื่อให้ชิ้นงานทำงานแล้ววัดค่ากระแสที่ถูกดึงโดยชิ้นงานโดยชิ้นงานต้องมีความสามารถในการดึงกระแสได้ตามที่กำหนดในดาต้าชีท

3.3.4 การตรวจเช็คเบื้องต้น (Preliminary Check)

ก่อนการทดสอบตัวงานต้องมีการตรวจสอบก่อนว่าชิ้นงานนั้นๆถูกเบิร์นโปรแกรมลงไปในชิ้นงานแล้วหรือไม่ด้วยการเช็คค่าสถานะรีจิสเตอร์ (Register)ภายในตัวงาน

3.3.5 OTP Trim (One Time Programming Trim)

OTP Trim คือการจำลองการปรับแต่งค่าเอาท์พุทของตัวงานให้มีค่าตามคุณลักษณะของชิ้นงานมากที่สุด

3.3.6 OTP Burn (One Time Programming Burn)

OTP Burn คือการฝังค่าที่ปรับแต่งให้กับชิ้นงานแล้วอย่างถาวร เพื่อให้ชิ้นงานสามารถ จ่ายเอาท์พุทได้ตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 OTP Readback (One Time Programming Readback)

OTP Readback คือการตรวจสอบค่าเอาท์พุทของชิ้นงานหลังจากทำการ OTP Burn แล้ว เพื่อทำให้มั่นใจว่าชิ้นงานสามรถจ่ายเอาท์พุทได้ตามที่กำหนด

3.3.8 การทดสอบกระแสซัพพลาย (Supply Current Test)

Supply Current Test เป็นการทดสอบว่าชิ้นงานสามรถดึงกระแสได้ตามที่กำหนดโดยป้อนแรงดันค่าหนึ่งๆ ให้ชิ้นงาน โดยมีลักษณะการทดสอบคล้ายคลึงกับ Gross Supply Check

3.3.9 การทดสอบกระแสรั่วไหล (Leakage Current Test)

Leakage Current Test เป็นการทดสอบการวัดกระแสจากตัวงานขณะที่ Mosfet ในตัวงานอยู่ในสถานะ Hi Impedance

3.3.10 การทดสอบฟังก์ชัน (Functional Test)

การทดสอบฟังก์ชัน คือการทดสอบความสามารถของชิ้นงานที่ทำได้ในแต่ละรูปแบบแตกต่างกันไป เช่น การทดสอบการสร้างสัญญาณจากชิ้นงาน

3.3.11 การทดสอบหน้าสัมผัสชิ้นงานรอบหลัง (Contact Post)

เป็นการตรวจสอบผิวสัมผัสอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจได้ว่าหลังจากการทดสอบไม่ได้ทำให้ผิวสัมผัสของตัวชิ้นงานได้รับความเสียหายจากการทดสอบ

3.3.12 การทดสอบสภาวะวิกฤต (Stress Test)

การทดสอบสภาวะวิกฤตของตัวงานทำโดยการป้อนอินพุทที่มากเกินกว่าชิ้นงานจะรับไหวตามข้อกำหนดของคุณสมบัติของตัวงานโดยป้อนให้มากจนกระทั่งชิ้นงานเสียหายแล้วทำการเก็บค่าสุดท้ายที่ชิ้นงานยังสามารถทำงานได้ก่อนที่ชิ้นงานจะพัง

3.4 ศึกษาการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง

การทดลองนั้นจะมีการทำซ้ำหลายครั้งมากเพื่อตรวจสอบว่าแผงวงจรที่ได้ทำการออกแบบมานั้นทำงานได้ปกติดังนั้นจึงมีข้อมูลผลการทดลองเป็นจำนวนมากซึ่งในที่นี้จะใช้โปรแกรมเฉพาะทางของบริษัทในการนำข้อมูลมาเรียบเรียงและเปรียบเทียบเพื่อแสดงผลข้อมูลออกมาในลักษณะรูปแบบความสัมพันธ์ของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาแผงวงจร

การศึกษากระบวนการออกแบบและพัฒนาแผงวงจรนั้นเป็นไปได้ด้วยดีและสามารถทำการพัฒนาแผงวงจรจนสามารถนำมาใช้งานจริงได้แต่เมื่อได้รับแผงวงจรและทำการตรวจสอบแผงวงจรโดยโปรแกรมที่พัฒนาจึงพบปัญหาจากคุณสมบัติของอุปกรณ์บางชนิดและต้องทำการปรับแก้เพื่อให้แผงวงจรทำงานได้ตามความต้องการของผู้ทดสอบ

4.2 ผลการพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบแผงวงจร

การศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจสอบแผงวงจรนั้นเป็นไปได้ด้วยดีและการพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้สามารถตรวจสอบความผิดปกติของวงจรได้ผ่านการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆที่ถูกติดตั้งบนแผงวงจรและพบว่ามีอุปกรณ์บางส่วนถูกติดตั้งมาไม่ถูกต้องจึงทำการปรับแก้ให้ถูกต้อง

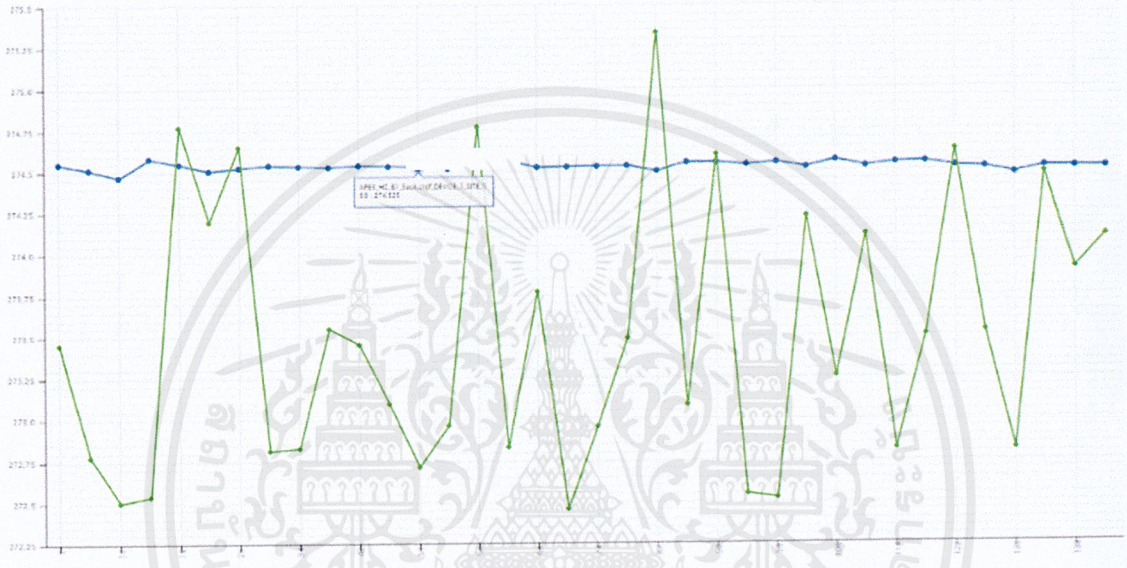
4.3 ผลการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการทดสอบชิ้นงาน

การศึกษากระบวนการการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับการทดสอบชิ้นงานนั้นเป็นไปได้ด้วยดีโดยโปรแกรมต้องทำการแก้ไขในหลายส่วนเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ทำการอ้างอิงจากการทำงานของแผงวงจรเดิมโดยแผงวงจรใหม่นั้นมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผงวงจรใหม่จึงต้องทำการแก้ไขโปรแกรมให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ชนิดใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบชิ้นงานด้วยแผงวงจรทดสอบใหม่

การทดสอบชิ้นงานด้วยแผงวงจรทดสอบใหม่นั้นเป็นไปได้ด้วยดีโดยการทดสอบครั้งนี้ทำโดยการนำผลลัพท์จากการนำแผงวงจรทดสอบเดิมและแผงวงจรทดสอบใหม่ทดสอบชิ้นงานตัวเดียวกันมาเปรียบเทียบกันด้วยโปรแกรมเฉพาะทางของบริษัทซึ่งได้ผลลัพท์ว่าแผงวงจรทดสอบใหม่นั้นให้เสถียรภาพของผลลัพท์ที่ดีกว่าแผงวงจรเดิมโดยแสดงผลลัพท์ดังกราฟด้านล่าง โดยเส้นกราฟสีน้ำเงินคือแผงวงจรใหม่และสีเขียวคือแผงวงจรเดิม



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลลัพท์เปรียบเทียบระหว่างแผงวงจรใหม่และแผงวงจรเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาแผงวงจรสำหรับทดสอบเวเฟอร์ที่อุณหภูมิต่ำนั้นเป็นไปได้ด้วยดีโดยผลลัพท์นั้นเมื่อทำการทดสอบกับชิ้นงานโดยเปรียบเทียบผลลัพท์จากแผงวงจรเดิมและแผงวงจรใหม่จะเห็นผลลัพท์ว่าวงจรใหม่นั้นมีเสถียรภาพมากกว่าแผงวงจรเดิมอีกทั้งยังสามารถทำการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำได้แล้วเนื่องจากแผงวงจรใหม่ที่ทำการออกแบบมาไม่มีการเจาะช่องรูทะลุสองด้านแล้ว

5.2 ปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่พบระหว่างการทำการวิจัยเกิดจากผู้จัดทำโครงงาน ขาดความสามารถหรือทักษะในการเรียนรู้บางประการ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 นักศึกษาผู้ปฏิบัติงานขาดทักษะในการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานส่งผลให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

5.2.3 นักศึกษาผู้ปฏิบัติงานขาดทักษะในการใช้เครื่องมือบางประเภทเนื่องจากไม่มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือหรือฟังก์ชั่นประเภทนั้นมาก่อน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเรียนรู้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ปัญหา

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

5.3.1 พัฒนาทักษะการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การถาม การอ่าน การนิยาม และการคิดวิเคราะห์ตีความ เป็นต้น

5.3.2 พยายามทำความเข้าใจการใช้งานเครื่องมือต่างๆ ผ่านคู่มือวิธีการใช้ (Manual) ให้มากที่สุดเพื่อให้มีทักษะในการเข้าใจวิธีการใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ และสอบถามผู้เชี่ยวชาญในการใช้งานเครื่องมือนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Charls K. Alexander, Matthew N.O. Sadiku. Fundamentals of electric circuits. พิมพ์ครั้งที่ 5. New York : McGraw-Hill, 2013.

ภาษา C++. 2015/9/9. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://marcuscode.com/lang/cpp (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ธันวาคม 2562)

Sergio Dinis Sousa. 2010. The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints?. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.researchgate.net/publication/45534757_The_8D_Methodology_An_Effective_Way_to_Reduce_Recurrence_of_Customer_Complaints. (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 ธันวาคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/45534757

The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints?

Article · June 2010

Source: DOAJ

CITATIONS
6

READS
2,309

2 authors, including:

Sergio Dinis Sousa
University of Minho
70 PUBLICATIONS **355** CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

Project Uncertainty in Performance Measurement View project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All content following this page was uploaded by Sergio Dinis Sousa on 29 May 2014.

The 8D Methodology: An Effective Way to Reduce Recurrence of Customer Complaints?

Carlos A. Riesenberger and Sérgio D. Sousa

***Abstract*—An investigation was made to identify the variables influencing the customer complaints management process throughout a case study in the automotive industry. The process follows the 8D methodology to satisfy customer complaints; i.e. to solve problems, reduce the overall costs of quality and to improve customer satisfaction. This work also describes the improvement in the customer complaints process achieved by an effective use of the 8D methodology. Throughout the case study, the problem was defined; the variables influencing the process were measured; the causes for the process failure were analyzed; improvements were planned and made and the variables were controlled until a defined performance level was reached. The improvement and reduced variability in the 8D process was achieved by integrating and managing the quality data in an integrated management system and by the reorganization of tasks and methods. A faster and more qualified reaction to complaints and therefore problems was achieved, reducing and preventing problem recurrence, representing cost savings whenever a complaint appears or is avoided.**

***Index Terms*—8D, customer complaints, integrated management system, problem recurrence, quality improvement.**

I. Introduction

A. Customer complaints

Complaints are expensive, both as direct and indirect costs; however, for this cost, companies can extract priceless knowledge, because complaints contain the direct Voice of the Customer (VOC). If complaints are transformed into knowledge about customers, they can provide a valuable amount of capital for enterprises. To explore this capital, companies must design, build, operate and continuously upgrade systems for managing complaints [1].

Understanding that complaints are an important output of business, researchers are working in order to create a better fulfilment of the complaint treatment process.

A definition of "complaint treatment" by Dee et al. [2] is: "A process that addresses issues that concern customers". Other authors take a further look at management of complaints, defining it as: "Fixing the policies, systems, or protocols so that the problem would not occur for future customers" [3].

Sérgio D Sousa is with the Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal. Phone: +351 253 604762, e-mail: sds@dps.uminho.pt

Carlos A Riesenberger is at BOSCH Car Multimedia Portugal in the Quality Management and Methods department, Apartado 2458, 4710-970 Braga, Portugal. Phone: +351 96 147 38 42, e-mail: carlosrsbg@hotmail.com

Complaint satisfaction is also interesting within the complaints treatment research, since to implement a system to handle complaints is no longer enough [4]. Such system must guarantee complaint satisfaction and customer retention [5].

Hallen and Latino [6] showed in their case study of a chemical manufacturer, that complaint feedback can be used to identify root causes of problems that lead to customer dissatisfaction. Furthermore, the results of the case study showed that eliminating root causes of problems improves customer satisfaction [6].

The definition of customer satisfaction is not a clear, but much depends on the feedback and complaints [7]. Zairi [7] argues that weaker organisations with substandard service quality and products will no longer compete in the future.

B. The 8D methodology

The 8D methodology involves teams working together in order to solve problems, using a structured 8 step approach to help focus on facts, instead of opinions. The 8D steps are: D1-team formation; D2-problem analysis; D3-containment actions; D4-root cause analysis; D5-corrective actions; D6-verification of the effectiveness of the corrective actions; D7-preventive actions; D8-congratulate the team.

The 8D methodology is effective in developing proper actions in order to eliminate root causes and in implementing the permanent corrective actions to eliminate them. It also contributes to explore the system of control that allowed the escape of the problem. There are reports of the successful use of this methodology to deal with chronic recurring problems, mainly defects or warranty issues [8]. As a whole, this methodology was never intended to replace a systemic quality system. The 8Ds' objective is to face the problems and discover the weaknesses in the management systems that permitted the problem to occur in the first place.

According to Rambaud [8], the biggest abuse in the implementation of the 8D methodology involves using it solely as a one-page problem-reporting effort. This misuse is often further exaggerated by requiring the report to be written within 24 hours. Some steps can take a few hours, while others can take weeks. In manufacturing, many chronic problems can occur only with a unique set of conditions, which calls for extensive studies and experiments.

II. Research Methodology

The research question for this investigation is: "How the chosen quality characteristics of speed and quality of the answers to customer complaints prevent them from

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9

recurring?" According to Yin [9], questions including "how" and "why" should be answered using research strategies like case studies, experiments or histories [10]. Explanatory case studies seemed appropriate for the present research, as they seek to explain how and why some events occurred. Explanatory theories can facilitate theory testing with a rich and extensive data collection effort, including qualitative and quantitative evidence. However, they are the most difficult and the most frequently challenged [10].

The choice between single-case and multiple-case studies depends on the research objectives and the availability of resources. Due to resource constraints a single case study was performed. Many industries of the automotive sector use the 8D methodology, thus one company of the automotive sector was selected. The case study was performed in 2009, in a Portuguese facility of a multinational manufacturer that produces multimedia car systems and sells them to several car manufacturing companies.

The unit of analysis is associated with the kind of case to which the phenomena under study and the research problem refer, and about which data is collected and analyzed [11]. It should contribute to clarify the boundaries and scope of the study. In this research the unit of analysis is the process of the customer complaints management.

In order to facilitate data collection, it was necessary to construct a case study protocol, the interview instrument for conducting the case study [9]. It contains all the pertinent questions to be asked when investigating the company customer complaint management process. It is a major tool for increasing the reliability of case study research and is intended as a guide for the investigator in carrying out the study. The case study protocol must assure that data collection would involve converging lines of inquiry and triangulation of evidence. Within each data source there is an emphasis on depth and quality, rather than population size. Thus, a single case can add to the understanding of a phenomenon provided multiple data sources are used and over-generalization is avoided [9]. There have been repeated calls for more qualitative case-study-based research in operations management [12], despite the clear difficulty of drawing generalized conclusions. The case study protocol included the analysis of all the organization activities affected by the customer complaints treatment process. This research proposed to identify how and why organizations manage and improve their customer complaints process, detailing the quality of the customer feedback and the delays in that process.

III. Case Study

A. The challenge

In the selected automotive company, it was agreed in contracts with customers that replies to customer complaints had to be time controlled by certain rules defined. Ideally, these replies should also provide the necessary quality of information to solve the problem according to the 8D methodology's steps.

Due to various internal and external factors, the speed and quality of the customer complaints management process was not always reached, deviating from the pre-established objectives by the organisation. This low performance in the problem solving process increases the time response to prevent recurrence of non-conformities and also represents a decrease in the customer´s satisfaction. This non fulfilment of customers' expectations can also increase costs associated to the poor quality of products, such as inspection costs, failure costs, warranty costs, and other costs defined in the contracts. The challenge for this research was to investigate ways to improve the response time and quality of the investigations made to solve problems triggered by customer complaints.

B. Quality characteristics

The response time rules after receiving a complaint and the associated step in the 8D methodology were the following:

- Y1 (1 day) - D1;
- Y2 (2 days) - D2 and D3;
- Y14 (14 days) - D4 and D5; D6 and D7 defined;
- Y60 (60 days) - all steps completed.

For example, after receiving a customer complaint, steps D1 to D3 would need to be completed within 2 days and the customer would receive the second feedback on the complaint.

To understand the voice of the customer regarding these rules and of the 8D quality requirements, a Kano analysis was used. Each need was classified as a "dissatisfier", "satisfier", or "delighter". The response rate for these questionnaires was 80%, much higher than previous. All the customer's replies regarding the response time rules and a good explanation of each step (by completing several points for each step) were classified as dissatisfiers.

The time needed to solve a customer complaint does not always have the same impact on cost savings. Sometimes problems originate many complaints, while others only a few. However, the total costs are expected to continuously increase over time. Estimation of the costs associated to complaint recurrence is possible, but to measure the costs associated to image loss and customer dissatisfaction is a harder task. Defect recurrence costs rise whenever the same defect occurs due to a low quality or slow reactivity problem solving investigation, increasing the total warranty costs.

The total number of customers' complaints in 2008 was 984 (543 of them were recurring complaints partially appearing after the non-compliance of the different rules). Increasing the quality and speed of problem solving investigations and replies to the customer, results in cost savings associated to the prevention of recurring complaints and increases customer satisfaction by fulfilling the requirements.

The quality of the 8D reports was something not defined yet. It was defined by the research team based on the Kano analysis. The classification for each step of the 8D reports was first divided into 3 categories: "Poor" (0%), "Ok" (70%) and "Excellent" (100%). The "Ok" and the "Excellent" classifications were defined according to the several points indicated by the customer's feedback to the Kano analysis and to individual interviews. The weights for the final 8D report percentage were divided as follows: D3-13%, D4-32%, D5-26%, D6-11%, D7-6%, and D8-6%. D1 and D2 were not classified, because the team realized these steps were standard procedures, i.e. the team assigned was

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9
ISSN: 2078-0958 (Print); ISSN: 2078-0966 (Online)

pre-defined and the problem analysis steps were defined in standard work instructions.

C. Impact of existing 8D methodology

Data already existed for the response time rules, however, in order to validate the measurement system, it would be needed to understand if all the customer assistants were measuring in the same way, i.e. if they were considering the right times for the rules defined and reporting accurate measures to the file in use to track them. By interviewing each customer assistant about their perception of the definition of each rule, opinions seemed to diverge and originate controversy among them. They gave distinct definitions for each of the 8D step and there was no agreement between them.

This controversy was reflected in the data from a sheet used by the customer assistants to report the time needed to complete each of the speed rules defined before. Therefore the current measurement system was not reliable enough to guarantee an accurate measure; so another measurement system had to be used.

A random sample of 8D reports was chosen and the necessary dates were manually taken from the different information systems to calculate the time it took for each step to be completed and to know which of the rules were accomplished in time or not. By collecting each date and information according to the specifications, it would guarantee that the response time and quality evaluation would be respected.

Thus, generated data resulted in an average quality level of 50% for the complete 8D reports.

A sigma value was used as a metric to relate the ability of a process to perform defect-free work. The higher the sigma value, the better the process was performing, thus the probability that a defect will occur would be lower. Considering one opportunity to fail in each of the four response time rules (e.g. it took 3 days to complete D2 and D3 or it took 71 days to complete an entire 8D report), then 151 defects were found in 189 opportunities, which means an initial sigma value of 0.66.

D. Root cause analysis

Brainstorming was used to gather ideas about the possible causes that lead to exceed deadlines in the customer's complaint process. Doing a mixed approach, customer assistants stated ideas, resulting in a list of 72 possible causes to the customer complaint process failure. Causes that were identified in the observation process were added and similar causes were verified. Individual interviews were conducted with low level of standardization and structure in order to find more specific causes. A Fishbone analysis was conducted in order to understand the cause and effect relationships of the defects regarding the response time and quality of the customer complaint treatment process. To each cause identified by the interviewees and by process observation, the "5 Whys" method was used to take out the root causes affecting the process. For example:

Signature process takes a lot of time. Why? The signature process is unclear. Why? There is no standard procedure for signing the 8D reports.

A particular cause regarding the measurement system was that it needed constant manual input and control, as well as it was difficult for the databases to communicate between themselves, which was derived from the different languages and different data they shared. It was also hard to involve the persons external to the plant if the data was not entirely integrated and prepared for them.

E. Improving the quality of the use of the 8D methodology

A research team decided to reduce the number of defects, focusing on improving the customer complaint management system. This could be achieved by pursuing the following objectives:

1. Have an accurate and precise measurement system;
2. Increase the communication between problem solving teams;
3. Have a standard 8D report between supplier, plant and customer;
4. Reduce waste in the reporting system;
5. Increase the quality of the problem solving investigations;
6. Keep the customers informed, providing a speedy feedback with reliable information;
7. Have a single point of contact for analyzing on-site the defects occurred at the customer;
8. Have a reporting system to check recurring complaints after problem resolution;
9. Use measures based on cause reduction rather than complaint volume reduction.

To accomplish these objectives a set of improvement initiatives were considered. The matrix (see Table 1) relates them with improvement actions that are described subsequently.

Table I - Relationship matrix between objectives and improvement actions

	Improvement Actions					
Objectives	A1	A2	A3.1	A3.2	A3.3	A3.4
1	X					
2	X		X	X	X	X
3	X					
4	X					
5		X				
6	X	X	X	X	X	X
7			X			
8			X			
9		X				

1) A1. Effective measurement system

A system which would allow an effective measurement system according to the customer requirements was sought. After evaluating different possibilities, the Enterprise Resource Planning (ERP) system was adopted to manage the quality data. In this system, all the persons involved can track the progress of the complaint and the time spent. Each one can contribute to the problem solving, this way, an increase in the awareness, know-how and participation of the persons involved can be foreseen. The control of the indicators was made by control buttons on the ERP platform. This allowed the complaints to have the respective response time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9

measures. An analogy was made with production processes, where a part or material can only move forward when the required inputs are present, therefore making it impossible for errors to be passed to the next step. This concept of mistake proofing is many times called as Poka-Yoke. The input data was to be periodically verified by the section manager in order to find if the data inside was accurate. The interested parts were instructed to consult their complaint list daily and a reminder was also included so that the system could warn the person when the deadline was getting closer, according to the ERP workflow. Process simplification was also possible within this integrated system, which saved time by reducing the number of tasks to complete in a customer complaint process using the databases as it can be observed in Figure 1.

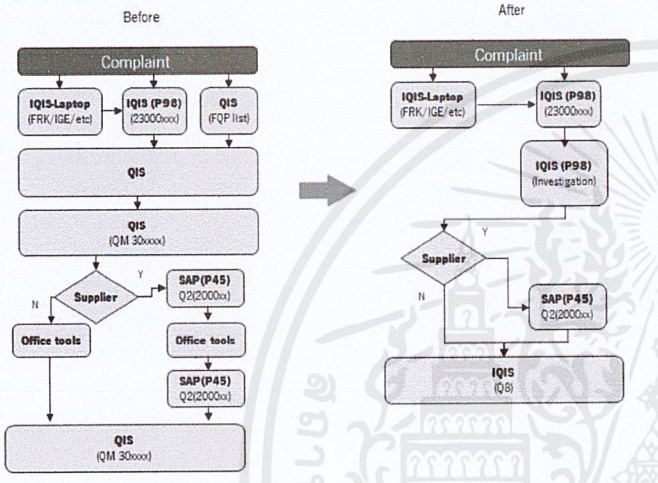


Figure 1 - Complaint process before and after the implementation of the solutions

It is possible to observe that there was a reduction in the process steps, maintaining only one integrated quality information system (IQIS-P98) to manage data from customer complaints. Occasionally the customer complaints were originated of defects caused by the organization's suppliers. A link of information between IQIS and the other SAP© module P45, used to manage the organization's complaints to their suppliers was created. The quality information system (QIS) processes were eliminated from the process flow as much as the office tools.

The monitoring of the response timings would be made automatically by a transaction in ERP (SAP©) to summarize statistics about the indicators. The response time was measured every time, in the right time.

2) A2. Quality of the 8D methodology

An initial quality improvement of the 8D reports was made by the measurement system itself (ERP system). Customer assistants noticed and complained about the increase on the amount of quantity of information that was necessary to put in the new system. However, the new system required the same quantity of information as the old system, since the 8D structure was exactly the same. The new control system that the new measurement system had required that all the information in the 8D report had to be completed according to the rules defined and according to the quality evaluation rules. One could not advance to the next step without previously completing the step before. The customer assistants were so intrigued, because in the new system, they could not skip any steps as it was verified in the old system 8D reports where the information was many times incomplete, the investigation made was poor, and thus the quality of the 8D reports was low.

This new system would allow a quality increase of the 8D report contents. In order to control the quality of the 8D reports, an 8D evaluation sheet was adopted as the standard. Every 8D report would need to be completed with this evaluation sheet, represented in an automatic calculation form.

3) A3. Speed

a) A3.1. Rule Y1

An approach was used to eliminate delays for complaints under specification (i.e. no trouble found after the analysis of the device) and customer complaints. In case of deciding a defect part was under specification, further analysis could be made by the development together with the customer in order to find the causes which originated the initial complaint. In this case, special agreements were to be made with the customer. In case of deciding upon customer fault regarding a compliant, the organization should strive to help the customer, so the investigation should continue, but both the team and customer should reach an agreement regarding the closure of the 8D report after the Y2 rule. In under specification or customer fault cases, both complaints do not need an associated 8D report, because corrective actions, for instance are not applicable at the plant. Therefore, 8D reports for these cases were abolished. In the system the complaint can be closed after the investigation on problem analysis was completed

For the fulfilment of the first rule (Y1), one person was assigned to be associated to each customer plant. Only after confirming the defect and providing an initial problem analysis he or she could decide on what to do with the part: to take it for investigation; to send it for repair; to scrap it. A faster problem analysis and faster containment actions at the customer and at the organization's plant were achieved In some cases, this person saw in the system if this was a recurring defect or a defect which was already under investigation and he or she could choose not to send the defect part to the plant for investigation, therefore reducing warranty costs. This is an example of the use of the reporting system, in some cases called "lessons learned" process. In case of sending the part for investigation, this person opened a complaint in the ERP system in order to provide information about the problem and automatically notify the defined team in the production plant so that they could start analyzing the problem and providing containment actions even while the part was still in transport, reducing the time to start solving the problem.

b) A3.2. Rule Y2

The interdepartmental and intradepartmental lack of communication problem, partially associated to the Y2 rule, was approached with the placement of a form in the company's intranet to plan the occupation of the internal and

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9

external laboratories by the team requesting the analysis of the defect part, thus eliminating the variation in the waiting times and allowing a specific completion date to bet set

c) A3.3.Rule Y14

The adoption of ERP to fill in 8D reports made possible for the different modules in the Quality department to interact between them allowing the share and transfer of information. Unlike the past system, only one 8D report format was to be used inside and outside the company, standardizing the 8D reports, reducing time to convert between supplier and organization or between organization and customer, which often raised incoherencies and lack of data.

Whenever talking about process related issues, responsibility was given to the person in each production line with the task of line quality controller to fill in the 8D reports and to fulfil the Y14 rule. With this change, the know-how regarding problem solving was copied to the "gemba". By sharing responsibilities in filling in the 8D reports by defect location (process, supplier, transport, customer), each of the persons directly involved in the 8D fill-in (logistics, purchase quality, production, person at the customer's plant) would have the responsibility to fulfil each of the 8D steps on time, increasing the awareness of problem solving within the plant.

d) A3.4.Rule Y60

The 60 days rule was dependent of the time spent on the other rules. There were, however, some specific problems related to the closure of the 8D report like the signature process, where a signature was needed by the customer assistance section leader, the quality director and the plant director. By automating this procedure in ERP, a notification was sent to each one to check the submitted 8D report in the system and give a digital signature or sending the 8D report back to the responsible person with comments to edit it if necessary. This ended with the waste on physical transport time of the documents, prevented paper waste and made the reports available to be checked and signed online anytime.

F. Customer complaints management performance

It was observed that there was an initial increase in the response time due to the training and adaptation of the persons involved. After identification and elimination of special causes affecting the process, a random sample of 8D reports was taken and no defects were found. If one failure would have occurred, it would have represented a sigma value of 4.06. The quality of the 8D reports was measured and the mean observed was 70%.

Analysing complaints from 2008, it was verified that if the organization was performing in 2008 at the level it was performing by the end of this project, it could have been possible to save at least 44% of the recurring complaints by providing a quicker reaction to customer complaints, because they were directly associated to the original complaints and could have been prevented by achieving the initial objectives for the response times. For the remaining 66% complaints it was not be possible to estimate if they could have been avoided or not, because some of them appeared at the same time of the initial complaint, while in others the defect was known, but the customer still complained because he/she was not sure if the complaint was originated from the same defect or not.

IV. Conclusions

This case study describes the problems associated with the customer complaint management process, in a company that uses the 8D methodology. Based on such problems a quality improvement program is put in practice to improve the performance of such process, by studying the problem root causes and describing the changes made to the process.

The performance was assessed by the timeliness and the quality of the responses to customer complaints.

Decision making of the persons involved was improved and an effective use of resources was made. The improvement processes were made more efficient throughout a reply in the right time with the right information, with the right system. The project changed and clarified the role of each person involved in the customer complaints process. It also saved financial costs with the reduction of recurring complaints, thus enhancing organization's competitiveness.

The authors argue that customer loyalty is expected to improve as a direct result of providing a service according to contracts' requirements, as an emphasis was made on tying process improvements to customer needs.

The continuous improving inside this field of research would culminate in a complaint reduction by an efficient and repeatable problem solving process, which represents savings affecting the whole structure of the organization.

Even though one case study is not a motive to generalize, the authors argue that the 8D methodology can be applied to other types of complaints and organizations. More case studies may be useful for drawing lessons for greater generalization. Future research may generate grounded theory research in this field. Delivery and design of training programs should be systemically merged with voice of customers. The 8D is not one-time implementation mechanism but an on-going management choice to reply to customer complaints.

References

[1] Bosch, V.G. and Enriquez, F.T. (2005) "TQM and QFD: exploiting a customer complaint management system", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22 No. 1.

[2] Dee, B.; Karapetrovic, S. and Webb, K. (2004) "As easy as 10001, 2, 3", Quality Progress, Vol. 36 No. 6.

[3] Stichler, J.F. and Schumacher, L. (2003) "The gift of customer complaints", Marketing Health Services, Vol. 23 No. 4, pp. 14-15.

[4] Davidow, M. (2003) "Organizational responses to customer complaints: what works and what doesn't", Journal of Service Research, Vol. 5 No. 3, pp. 225-50.

[5] Stauss, B. and Schoeler, A. (2004) "Complaint management profitability: what do complaint managers know?", Managing Service Quality, Vol. 14 No. 2, pp. 147-56.

[6] Hallen, G. and Latino, R.J. (2003) "Eastman Chemical's success story", Quality Progress, Vol. 36 No. 6, pp. 50-4

[7] Zairi, M. (2000) "Managing customer dissatisfaction through effective complaints management systems", The TQM Magazine, Vol. 12 No. 5, pp. 331-5.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9

[8] Rambaud, L., (2006) "8D Structured Problem Solving: A Guide to Creating High Quality 8D Reports", Phred Solutions, Breckenridge, CO, USA.
[9] Yin, R.K., Case study research: design and methods. 2nd ed. 1994, Thousand Oaks: Sage.
[10] Yin, R.K., Applications of case study research. 2nd ed. Applied Social Research Methods Series, ed. L. Bickman and D.J. Rog. Vol. 34. 2003, London: Sage Publications.
[11] Hussey, J. and R. Hussey, Business research. 1997, London: MacMillan Press.
[12] Silvestro, R. and C. Westley, Challenging the paradigm of the process enterprise: a case-study analysis of BPR implementation. Omega, 2002. 30: pp. 215-225.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN: 978-988-18210-8-9

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายทัตธน แหรุ่งโรจน์ MR.TADTHON HAERUNGROJ
วัน เดือน ปี เกิด	25 พฤศจิกายน พ.ศ.2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	818 ซอย ชานเมือง 4 แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
E-mail	tadthon@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2562	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ.2562	ฝึกงานภาคเรียนที่ 3 ในโครงการ Summer Training Program ณ มหาวิทยาลัย UESTC : University of Electronic Science and Technology of China
พ.ศ.2562	บริษัท แม็กซิม อินทิเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่อยู่ 700/114 ตำบล/แขวง คลองตำหรุ อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด ชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20000 ประเทศไทย หมายเลขโทรศัพท์ 038-468341 หมายเลข โทรสาร 038-468350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้