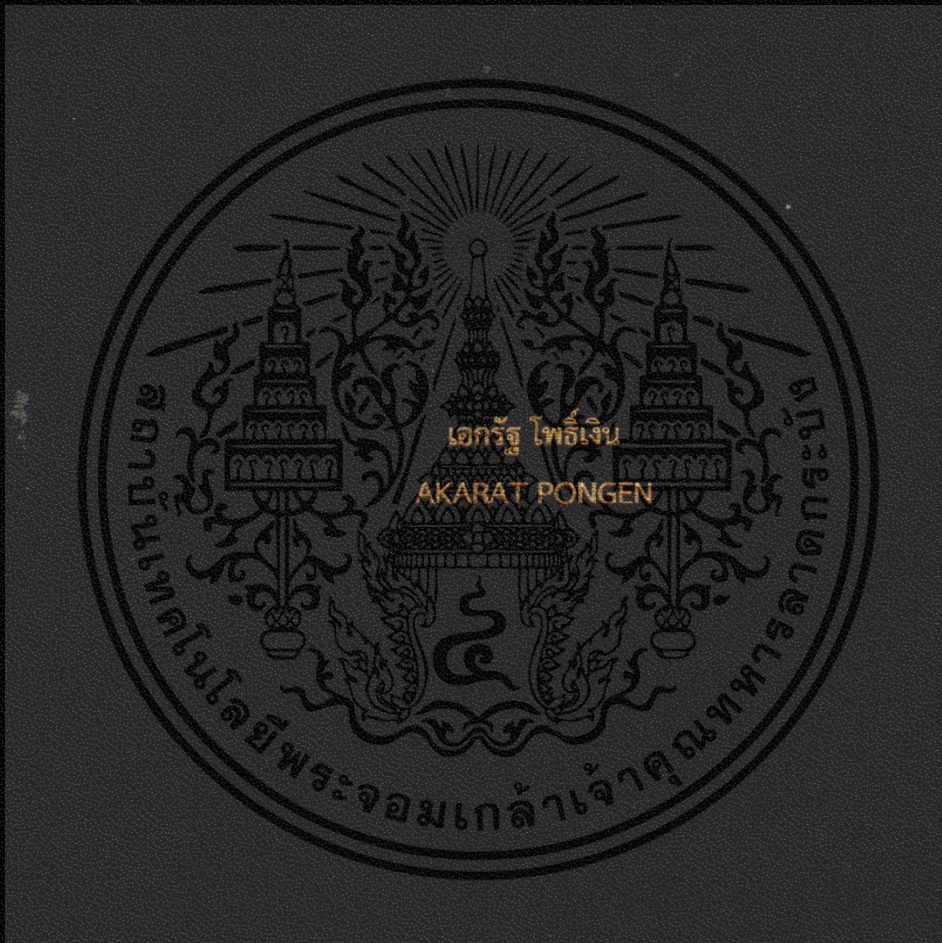


การพัฒนาโปรแกรมทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบไอซีรุ่น ETS88

THE DEVELOPMENT OF A FUNCTION TEST PROGRAM  
FOR THE ETS88 TESTER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมพาณิชย์  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-ED-M-232-006

# การพัฒนาโปรแกรมทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบไอซีรุ่น ETS88

## THE DEVELOPMENT OF A FUNCTION TEST PROGRAM FOR THE ETS88 TESTER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-ED-M-232-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF A FUNCTION TEST PROGRAM  
FOR THE ETS88 TESTER



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONICS  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-ED-M-232-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2017**

**FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาโปรแกรมทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบไอซี  
รุ่น ETS88  
THE DEVELOPMENT OF A FUNCTION TEST PROGRAM  
FOR THE ETS88 TESTER

นักศึกษา

นายเอกรัฐ โพธิ์เงิน

รหัสประจำตัว

58603060

ปริญญา


ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยาณี จิตต์การุณย์	
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน	
รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

18 พฤศจิกายน 2560 เวลา 17.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ ๑๙ เดือน ๕.๕ .....พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบ ไอซีรุ่น ETS88
นักศึกษา	นายเอกรัฐ โพธิ์เงิน
รหัสประจำตัว	58603060
ปริญญา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิติพงษ์ มะโน

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับกระบวนการแปลงเครื่องทดสอบไอซี ในอุตสาหกรรมผลิตไอซีและหาประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง ทดสอบประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับระบบการวัดของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT โดยใช้ไอซีคุณภาพดีเป็นต้นแบบจำนวน 4 ตัว ผลการวิจัยพบวาระบบการทดสอบไอซีแบบ ETS88 ซึ่งใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และหาเสถียรภาพของระบบการทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยวิธีการทดสอบซ้ำกับไอซีกลุ่มเดิม จำนวน 30 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าระบบการวัดของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มี เสถียรภาพอยู่ในระดับดีมากให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สูงสุดเท่ากับ 0.677 โดยมีค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการ (CPK) ที่มากกว่า 1.33 ขึ้นไป จากการวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่าโปรแกรมทดสอบไอซีของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ทั้งในด้านของความถูกต้องและความแม่นยำ โดยภาพรวมพบว่าการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ที่ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และยังให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในบางฟังก์ชันการทดสอบ และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซี ETS88 สามารถลดเวลาการทดสอบและเพิ่มจำนวนไอซีได้มากขึ้น

Thesis Title	THE DEVELOPMENT OF A FUNCTION TEST PROGRAM FOR THE ETS88 TESTER
Student	Mr. Akarat Pongen
Student ID.	58603060
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitipong Mano

## ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a conversion program for the ETS88 IC tester, which is used for the IC testing procedures in the IC production industry and to ascertain its accuracy. The efficiency of the tester was determined by comparison with the TMT IC tester, which uses four high-quality IC prototypes. The experiment was repeated 30 times. The results showed that the ETS88 IC testing system using the program developed gives a result that is close to that of the TMT IC tester. The stability of the ETS88 was tested 30 times using the loop test procedure with the same sample. The results showed that the measurement of the ETS88 IC tester have greater stability, with a standard deviation value of 0.677 and the CPK of more than 1.33. The research indicated that the program developed for the ETS88 IC tester performs better than the TMT IC tester in terms of accuracy. It was found that the program produced a close result to that of the TMT IC tester, and it performed better in some testing functions, which helped decrease testing time but increases IC capacity.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาตามความหวังของผู้เขียนได้เนื่องจากความเมตตากรุณาของท่าน รศ.ดร. กิตติพงศ์ มะโน ที่กรุณารับปรึกษาและเสียสละเวลา ให้คำปรึกษาและแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไข ตลอดจนคำแนะนำทางวิชาการ ด้วยความเอาใจใส่เสมอมา รวมไปถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ครูบาอาจารย์ทุกท่าน และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ประสบการณ์ และข้อคิดต่างๆ ที่เป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไอซีและหัวหน้างานที่ให้ผู้เขียนได้ใช้เครื่องมือในการวิจัย และกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ร่วมรุ่น 8 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้การช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งจบการศึกษา และขอขอบคุณสำหรับคำปรึกษาต่างๆ ที่มีให้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของผู้เขียนที่สนับสนุนด้านการศึกษาและคอยให้กำลังใจในทุกเวลาที่เหนื่อยล้าจนทุกอย่างผ่านพ้นไปด้วยดี

คุณค่าประโยชน์ใดๆ ที่เป็นมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบกุศลผลบุญดังกล่าวและความดีความชอบแก่ ครูบาอาจารย์ บิดา มารดา ครอบครัว เพื่อนๆ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกรัฐ โพธิ์เงิน

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ความรู้เบื้องต้นในการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไอซี.....	6
2.2 หลักการทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี.....	9
2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบไอซี.....	10
2.4 กรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี.....	17
2.5 การวัดผล.....	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	25
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	25
3.3 การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย.....	28
3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล.....	37

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
4.1 การทดสอบเสถียรภาพ.....	41
4.2 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี.....	45
4.3 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ.....	85
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	88
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย.....	88
5.2 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย.....	89
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	90
บรรณานุกรม.....	92
ภาคผนวก.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	105

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบไอซีเพื่อใช้ในการออกแบบโปรแกรมทดสอบไอซี.....	31
3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างในเทสฟังก์ชันย่อย .....	34
3.3 ผลการวิเคราะห์เทสฟังก์ชันมีค่าร้อยละความแตกต่างของทั้งสองเครื่องทดสอบเกินที่กำหนด .....	35
3.4 การกำหนดเงื่อนไขในการเบนซ์เทส .....	36
3.5 ผลการวิเคราะห์ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เทียบกับเบนซ์เทส.....	37
4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละฟังก์ชันการทดสอบ .....	42
4.2 ค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการแต่ละฟังก์ชันการทดสอบ .....	44
4.3 แสดงค่าลิมิตสูงสุดต่ำสุด ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ทั้ง 40 ตัว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัด ความสามารถของกระบวนการแต่ละฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM .....	46
4.4 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD.....	47
4.5 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD.....	48
4.6 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT.....	48
4.7 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD.....	49
4.8 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT.....	50
4.9 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN.....	50
4.10 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS.....	51
4.11 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD .....	52
4.12 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS .....	53
4.13 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD .....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ BV_VIN .....	54
4.15 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน.....	56
4.16 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน .....	56
4.17 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ ไอซีอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน.....	57
4.18 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VDD_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์.....	59
4.19 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VDD_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์.....	59
4.20 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line .....	60
4.21 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ REG15_1mA.....	61
4.22 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VddLoad.....	62
4.23 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD_ON .....	63
4.24 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ UVLO หรือ VDD_OFF .....	64
4.25 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ UVHYS.....	65
4.26 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL_VIN15V.....	66
4.27 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL_VIN450V.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.28 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ ENH_VIN15V.....	67
4.29 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ ENH_VIN450V .....	68
4.30 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ REN_PWM5V.....	68
4.31 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs_H.....	69
4.32 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs_L.....	70
4.33 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay .....	71
4.34 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay2.....	72
4.35 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ Tblank .....	73
4.36 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ IddMax .....	74
4.37 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด).....	74
4.38 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Isrc ที่ขา Gate.....	75
4.39 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Isnk ที่ขา Gate.....	76
4.40 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุด .....	77
4.41 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุด .....	77
4.42 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.43 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD .....	79
4.44 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS .....	80
4.45 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD .....	80
4.46 แสดงค่าลิมิตสูงสุดต่ำสุด ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ทั้ง 40 ตัว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัด ความสามารถของกระบวนการแต่ละฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM.....	81
4.47 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD .....	82
4.48 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD .....	83
4.49 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT .....	83
4.50 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS .....	84
4.51 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT .....	85
4.52 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของ กระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN.....	85
4.53 ผลการทดสอบไอซีกับกลุ่มตัวอย่างทั้งระบบ .....	86

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ .....	3
2.1 มูลค่าเพิ่มและชนิดของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.....	7
2.2 ขั้นตอนกระบวนการประกอบไอซีในโรงงานผลิตไอซี .....	7
2.3 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์.....	8
2.4 ระบบการทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี.....	10
2.5 เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT .....	11
2.6 ส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบไอซี .....	12
2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของตัวเครื่องทดสอบไอซี .....	13
2.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88.....	13
2.9 บล็อกไดอะแกรม SPU500 บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 .....	14
2.10 บล็อกไดอะแกรม APU12 บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88.....	15
2.11 บล็อกไดอะแกรม QTMU บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 .....	15
2.12 บล็อกไดอะแกรม DPU16บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 .....	16
2.13 บล็อกไดอะแกรม QMS บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 .....	16
2.14 กรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ .....	17
2.15 โครงสร้างระบบปฏิบัติการการ Eagle Vision.....	18
2.16 แสดงค่า CPK 1.39 กระบวนการมีขีดความสามารถที่ค่อนข้างดี .....	22
3.1 ผังงานรูปแบบการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบไอซี .....	28
3.2 ผังงานขั้นตอนการพัฒนาพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี.....	29
3.3 การกำหนดลำดับการทดสอบไอซีในระบบปฏิบัติการการ Eagle Vision.....	30
3.4 การพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision.....	33
3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์การเปรียบเทียบวิเคราะห์หาค่าความแตกต่าง .....	35
3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์การเบนซ์เทส .....	36
3.7 การตั้งค่าเพื่อทำการเบนซ์เทส .....	36
3.8 ผังงานการทดลองและเก็บข้อมูล.....	37
3.9 ผังงานการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี.....	39
3.10 ผังงานการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ.....	40
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	47
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	47
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	48
4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	49
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	49
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	50
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	51
4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	52
4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	52
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	53
4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ BV_VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	54
4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน และค่าพารามิเตอร์จากเบนซ์เทสไอซี .....	55
4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงานและค่าพารามิเตอร์จากเบนซ์เทสไอซี .....	56
4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน .....	57

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ .....	58
4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์ .....	58
4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ .....	59
4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line .....	60
4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ REG15_1mA .....	61
4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VddLoad .....	62
4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD_ON ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	63
4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVLO หรือ VDD_OFF ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	64
4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVHYS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	64
4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL_VIN15V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	65
4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL_VIN450V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	66
4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENH_VIN15V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	67
4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENH_VIN450V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	67
4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ REN_PWM5V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	68
4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs_H ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	69

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs_L ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	70
4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	71
4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay2 ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	72
4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tblank ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	72
4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ IddMax ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	73
4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด) ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	74
4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Isrc ที่ขา Gate ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	75
4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Isnk ที่ขา Gate ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	75
4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc ต่ำสุด ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	76
4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุด ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	77
4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	78
4.42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	79
4.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	79
4.44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT .....	80

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	81
4.46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	82
4.47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	82
4.48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	83
4.49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	84
4.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	84
4.51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	85
4.52 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานเสียในฟังก์ชันต่างๆ ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT.....	87

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตไอซี (Integrated Circuit : IC) ในตลาดโลกนั้นมีการแข่งขันกันสูงมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของตำแหน่งทางการตลาดภายในอุตสาหกรรมการผลิตไอซี (อรพิน ทวีบุญ : 2549) ดังนั้นผู้ผลิตจึงคิดค้นหาวิธีการผลิตที่มีความรวดเร็วและได้ปริมาณมากที่สุดตามความต้องการของตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตไอซีนั้นมีกระบวนการที่สำคัญหลายกระบวนการ และหนึ่งในกระบวนการเหล่านั้น คือกระบวนการทดสอบคุณสมบัติก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า (Final Test) เพื่อให้ได้ซึ่งไอซีที่มีคุณภาพ (Yuh-Yih Lu, Da-Yuan Lin and Chung-Hsiung Yeh : 2011) ไอซีทุกตัวจะต้องได้รับการทดสอบ (Test) โดยการทดสอบไอซีของบริษัทผู้ผลิตไอซีทั้งหมดจะทำการทดสอบภายใต้เอกสารกำกับไอซี (Datasheet) เป็นตัวบ่งชี้และไอซีทุกตัวที่ผลิตจะต้องผ่านการทดสอบจากทุกเงื่อนไขที่ระบุในเอกสารกำกับไอซี (John T. Trnka, Delbert R. Cecchi : 1986) ในการทดสอบวิศวกรจะเป็นผู้ออกแบบเงื่อนไขของการทดสอบรวมทั้งควบคุมและดูแลการทดสอบไอซี ไอซีที่มีผลการทดสอบที่ไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไอซีเสีย (Reject Units) จะต้องถูกแยกออกเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุ และนำผลการวิเคราะห์นั้นมาแก้ไขปัญหาคำจัดทิ้งต่อไป

กระบวนการทดสอบคุณสมบัติไอซี (Final Test) นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ใช้เวลานานทำให้เป็นหนึ่งในปัญหาความล่าช้าในการส่งผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า (Samar K. Saha : 2016) การทดสอบใช้เครื่องทดสอบไอซี (Automatic Test Equipment หรือ ATE) ซึ่งมีหน้าที่จำลองการทำงานของไอซี โดยจะเป็นแหล่งกำเนิดกระแส แรงดันและสัญญาณต่างๆเพื่อให้ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน และในขณะเดียวกันจะวัดคุณสมบัติต่างๆของไอซีตัวนั้นๆด้วย วิศวกรทดสอบเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมทดสอบ เพื่อให้เครื่องทดสอบทำการทดสอบไอซีตามที่กำหนด ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจึงเป็นส่วนสำคัญซึ่งจะต้องสอดคล้องและเชื่อมโยงกับเครื่องมือวัดและแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างๆในเครื่องทดสอบไอซี ระบบการทดสอบไอซีที่ดีจะต้องสามารถแยกไอซีเสียออกจากไอซีดี (Good Units) ได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว (Cheng-Nan Hu, Member, IEEE, and Hsuan-Chung Ko : 2011) เพราะฉะนั้นวิศวกรจึงต้องปรับปรุงและประเมินคุณภาพของระบบการทดสอบไอซี เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพดีตรงตามเงื่อนไขของเอกสารกำกับไอซีและมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตไอซี สำหรับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไอซี ส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานมายาวนานเป็นเครื่องทดสอบไอซีที่มีขนาดเล็ก ทดสอบไอซีได้ซ้ำโดยสามารถทดสอบได้เพียง 1 ช่องวัดสัญญาณ (1 Test Site) และมีปัญหาเรื่องการชำรุดเสียหาย ซึ่งจะต้องทำการบำรุงรักษาอยู่บ่อยครั้ง ด้วยสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมืออายุใช้งานมาก จึงต้องมีการตั้งค่า (Calibrations) ใหม่ทุกครั้งก่อนเริ่มทดสอบไอซี และหลายครั้งที่ไม่สามารถตั้งค่าได้ ทำให้เพิ่มภาระหน้าที่ให้วิศวกรทดสอบต้องเข้ามาวิเคราะห์หาสาเหตุ และซ่อมแซมแก้ไขปัญหา ด้วยข้อจำกัดของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT นี้ ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนการทดสอบไอซีในระบบการทดสอบที่ทันสมัยมากขึ้น สำหรับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เป็นเครื่องทดสอบที่ดีและสามารถที่จะทดสอบไอซีประเภทแรงดันสูงได้ (High Voltage IC) สามารถทดสอบงานได้ครั้งละ 4 ช่องวัดสัญญาณ (4 Test Site) รวดเร็วในการตอบสนองการวัดและจ่ายสัญญาณให้กับตัวไอซี สามารถทำให้ได้ปริมาณงานเอาต์พุตที่มากขึ้น ตัวเครื่องมีศักยภาพสูงและทันสมัยง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น ปัญหาที่เกิดจากระบบทดสอบมีน้อยกว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ง่ายต่อการออกแบบโปรแกรมทดสอบ รวมถึงมีอุปกรณ์เสริมและฟังก์ชันต่างๆที่ทำให้วิศวกรสามารถวิเคราะห์ปัญหา อีกทั้งสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยลดงานของวิศวกรทดสอบลงได้

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาโปรแกรมทดสอบเพื่อแปลงการทดสอบไอซีจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไปสู่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไปสู่แบบ ETS88

1.2.2 เพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของระบบการ (CPK) ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 โปรแกรมทดสอบไอซีของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ไม่ต่างจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10

1.3.2 ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (CPK) ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีค่า 1.33 ขึ้นไป (จรัล ทรัพย์เสรี : 2007)

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้คือ

1.4.1.1 ศึกษาฟังก์ชันการทำงานของไอซี

1.4.1.2 ศึกษาโปรแกรมทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.4.1.3 ศึกษาข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

## 1.4.2 กรอบแนวคิดการพัฒนาระบบโปรแกรมทดสอบไอซีภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision (EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

### 1.4.2.1 ศึกษาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

### 1.4.2.2 กำหนดลำดับขั้นการทดสอบ และวางแผนการทดสอบไอซี

### 1.4.2.3 กำหนดแหล่งจ่ายสัญญาณกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

### 1.4.2.4 ออกแบบและพัฒนาระบบโปรแกรมทดสอบไอซี

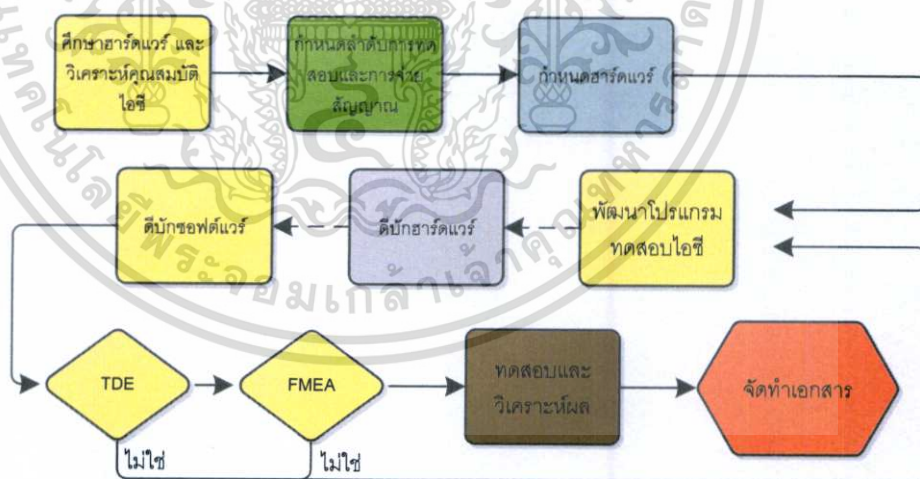
### 1.4.2.5 ดีบั๊กฮาร์ดแวร์

### 1.4.2.6 ดีบั๊กซอฟต์แวร์

### 1.4.2.7 กำหนดการจัดเก็บฐานข้อมูลหลังการทดสอบไอซี และตั้งค่าต่างๆในโปรแกรมทดสอบไอซี

### 1.4.2.8 ทดสอบและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และ ETS88

### 1.4.2.9 จัดทำเอกสาร



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1.5.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ ไอซีประเภทขับ LED (LED Driver) จากฝ่ายการผลิตของบริษัทผลิตไอซีในประเทศไทย เป็นไอซีแพ็คเกจ SOIC ขนาด 150 มิล 8 ขา

### 1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

1. ไอซีประเภทขับ LED จากฝ่ายการผลิตของบริษัทผลิตไอซีในประเทศไทยที่มีคุณภาพดีจำนวน 40 ตัว (จุฬาฯ วิทยาเขตฉะเชิงเทรา : 2556)
2. ไอซีประเภทขับ LED จากฝ่ายการผลิตของบริษัทผลิตไอซีในประเทศไทยที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ 1,999 ตัว

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 การแปลงโปรแกรมทดสอบไอซี (Conversion) หมายถึง การพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไปสู่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

1.6.2 ไอซี (Integrated Circuit หรือ IC) หมายถึง แผงวงจรรวมที่ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ รวมกันเป็นวงจรหรือส่วนของวงจร โดยจะปลุกภายในสารกึ่งตัวนำเดียวกัน และห่อหุ้มด้วยพลาสติกสีดำ (Compound) ซึ่งจะมีขนาดเล็ก

1.6.3 Automatic Test Equipment หรือ ATE หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของไอซีอย่างเป็นระบบ

1.6.4 โปรแกรมทดสอบไอซี หมายถึง ชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมฮาร์ดแวร์ในเครื่องทดสอบไอซี

1.6.5 เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 หมายถึง เครื่องทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของไอซี ของบริษัท Eagle ที่มีชื่อว่า ETS88

1.6.6 เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT หมายถึง เครื่องทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของไอซี ที่มีชื่อว่า Credence TMT รุ่น ASL1000

1.6.7 Final Test หมายถึง การทดสอบคุณสมบัติขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.8 ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index หรือ CPK) หมายถึง ตัวบ่งบอกถึงความสามารถของกระบวนการทดสอบไอซีทั้งระบบ โดยจะใช้ในการวัดขีดความสามารถของกระบวนการทดสอบไอซีว่ามีความสามารถเพียงพอหรือไม่ โดยการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความผันแปรของกระบวนการและข้อกำหนดของลูกค้มาคำนวณร่วมกัน

1.6.9 เบนช์เทส (Bench Test) หมายถึง การทดสอบคุณสมบัติไอซีโดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณต่อเข้ากับไอซีโดยตรง และใช้เครื่องมือวัดสัญญาณต่อเข้าไอซีโดยตรง เพื่อให้ทราบค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องของไอซี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมทดสอบไอซีสำหรับการทดสอบคุณสมบัติของไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยจะใช้ข้อมูลพื้นฐานมาจากโปรแกรมทดสอบไอซีเดิมที่ใช้กับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เพื่อให้เกิดความเข้าใจในรายละเอียดของงานวิจัยมากขึ้นผู้วิจัยได้ลำดับหัวข้อการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- 2.1 ความรู้เบื้องต้นในการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไอซี
- 2.2 หลักการทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี
- 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบไอซี
- 2.4 กรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี
- 2.5 การวัดผล
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ความรู้เบื้องต้นในการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไอซี

#### 2.1.1 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆในประเทศไทย

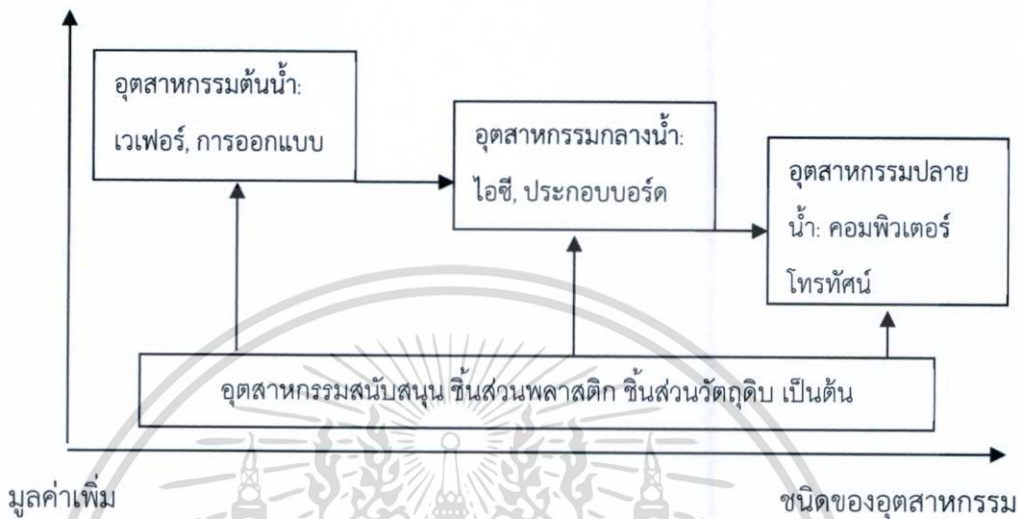
อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และนานาประเทศเองก็ให้ความสนใจเป็นอันดับต้นๆ ถึงการพัฒนาศักยภาพทั้งทางด้านการคิดค้นและการผลิต เพื่อให้ประเทศของตนขึ้นเป็นผู้นำทางเทคโนโลยี และในประเทศไทยเองก็เช่นกัน โครงสร้างของโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยดังแสดงในภาพที่ 2.1 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1.1.1 อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream Industry) เป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานสำหรับการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การผลิตเวเฟอร์ (Wafer Fabrication), ออกแบบไอซี เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตเวเฟอร์ นั้นเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ซึ่งประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตได้เอง

2.1.1.2 อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream Industry) หมายถึงอุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นส่วน และส่วนประกอบของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อุตสาหกรรมผลิตไอซี, อุตสาหกรรมประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น และในประเทศไทยเองได้มีการลงทุนในอุตสาหกรรมประเภทนี้สูงมาก ไม่ว่าจะเป็นการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ การร่วมลงทุน และบริษัทในประเทศเองซึ่งบริษัทต่างชาติ และบริษัทร่วมลงทุนจากต่างชาติ และมีแนวโน้มว่าจะมีมูลค่าเพิ่มและเติบโตขึ้นอีก

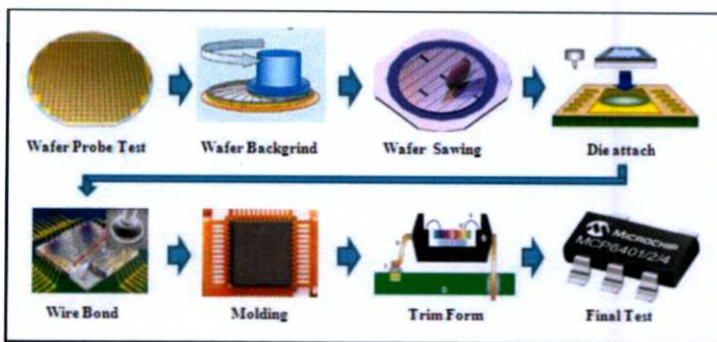
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream Industry) เป็นการผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องรับวิทยุ และโทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายเหล่านี้ได้โดยใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เช่น เครื่องรับวิทยุ และโทรทัศน์ โดยเรามีความชำนาญเฉพาะด้านมากกว่า 30 ปีแล้ว



ภาพที่ 2.1 มูลค่าเพิ่มและชนิดของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ: 2547)

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อุตสาหกรรมการผลิตไอซีมีอัตราเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีอัตราการแข่งขันที่สูง โรงงานผู้ผลิตไอซีจึงกระตุ้นการผลิตและการทำสอบไอซีให้ได้ปริมาณงานมากที่สุดตามความต้องการของตลาด ซึ่งขั้นตอนกระบวนการผลิตไอซีนั้นมีองค์ประกอบหลายส่วนดังแสดงในภาพที่ 2.2 และภายใต้การแข่งขันที่สูงนั้น กระบวนการต่างๆต้องกระทำอย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยกระบวนการการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมมีดังนี้



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนกระบวนการประกอบไอซีในโรงงานผลิตไอซี (ศราวุธ มีพัฒน์, 2558)

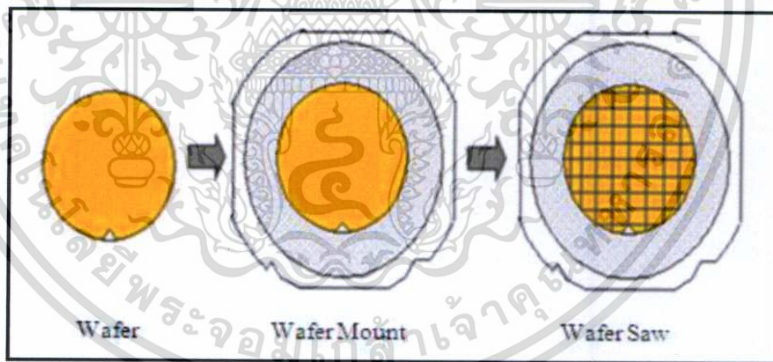
เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้เชิงพาณิชย์ขอสงวนสิทธิ์ในการคัดลอกและเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หากมีการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ จะถือว่าผิดกฎหมายและต้องรับผิดชอบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กระบวนการการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม: 2543)

2.1.2.1 กระบวนการทดสอบเวเฟอร์ (Wafer Probe Test) คือการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของวงจรมอนต์ได (Die) ในแต่ละตัวบนแผ่นเวเฟอร์ซึ่งจะมีการใช้เข็มของโพรบการ์ด (Probe Card) ตะไปที่แพ็ด (Bonding Pad) เพื่อคัดแยกตัวไดดี และ ไตเสีย

2.1.2.2 กระบวนการเจียรในด้านหลังของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Backgrinding) คือการเจียรแผ่น เวเฟอร์ซึ่งมีความหนาสูงสุด 29 มิว ให้บางลงตาม Package Requirement ที่ลูกค้าต้องการเช่น 8 มิว, 11 มิว, 15 มิว โดยใช้วิธีการเจียรที่ด้านหลังของแผ่นเวเฟอร์ (1 มิว = 1 ส่วน 1000 มิลลิเมตร)

2.1.2.3 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Sawing) และกระบวนการยึดเวเฟอร์บนเทป (Wafer Mounting) คือขั้นตอนการยึดติดแผ่นเวเฟอร์ลงบนริงเฟรมโดยใช้เทปที่มีความหนา 76 ไมครอน เป็นตัวยึดติด เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นเวเฟอร์เลื่อนและตัวไดหลุดขณะทำการตัด (Saw) ที่กระบวนการต่อไป จากนั้นจะทำการตัดแบ่งแผ่นเวเฟอร์ที่ถูกติดบนเทปให้แยกออกจากกันเป็นตัวได โดยใช้ใบมีดเป็นตัวตัดเพื่อพร้อมที่จะส่งไปยังขั้นตอนถัดไปดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ (กระบวนการ Wafer Sawing, 2017)

2.1.2.4 กระบวนการติดได (Die Attach) คือการจับตัวไดบนแผ่นเวเฟอร์ติดลงบน ลีดเฟรม (Lead Frame) โดยใช้กาว Epoxy เป็นตัวยึดติด จากนั้นจึงนำลีดเฟรมที่มีไดติดแล้วไปทำการอบเพื่อให้กาว Epoxy แข็งและยึดแน่นต่อกัน

2.1.2.5 กระบวนการเชื่อมขา (Wire Bonding) คือการเชื่อมต่อวงจรจากตัวไดไปยัง ขางานบนลีดเฟรมด้วยลวดทองคำบริสุทธิ์ (Gold Wire) หรือลวดทองแดง (Palladium Coated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

With Copper Wire PdCu Wire) และลวดทองแดงที่เคลือบด้วย Palladium (Gold Flash On Palladium Coated With Copper Wire หรือ CuPdAu Wire)

2.1.2.6 กระบวนการโมลด์ (Molding) คือการปิดแผงวงจรไฟฟ้ารวมด้วยพลาสติก (Compound) โดยการหลอมเม็ดพลาสติกด้วยอุณหภูมิประมาณ 175 °C ถึง 185 °C แล้วฉีดเข้าไปปกคลุมแผงวงจรไฟฟ้า เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการทำปฏิกิริยากับบรรยากาศภายนอก เพราะในอากาศมีความชื้นปะปนอยู่อาจทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของไอซีลดลงหรือเสื่อมเสียได้ง่าย

2.1.2.7 กระบวนการพับและตัดขา (Trim Form) คือการตัดหรือพับขึ้นภาพขาตามทีระบุไว้ในภาพแบบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่นขาทางภาพปีกนก ขาตั้งฉากกับตัวงาน ขาขั้วเข้าหาตัวงาน ก่อนบรรจุใส่หลอดหรือถาดใส่งาน

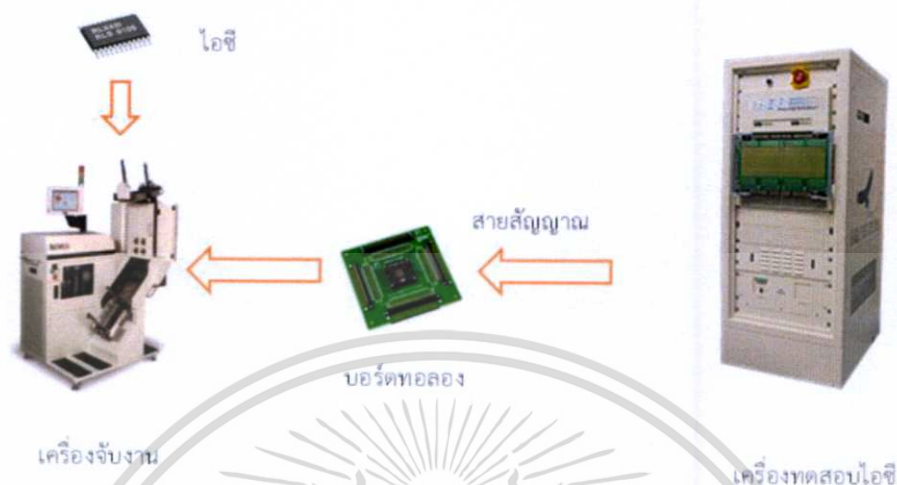
2.1.2.8 กระบวนการทดสอบไอซี (Final Test) คือการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของไอซีคุณภาพของตัวไอซีแต่ละตัวหลังจากทำการขึ้นภาพเรียบร้อยแล้วในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งแต่ -40 °C ถึง 125 °C ตามความต้องการของลูกค้าซึ่งจะถูกระบุมาในเอกสารกำกับงาน (Run Card) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ กระบวนการทดสอบไอซีมีความสำคัญมากเพราะไม่เพียงแต่ตรวจสอบและบอกถึงคุณภาพของไอซีเท่านั้น แต่ยังเป็น การตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตไอซีทั้งระบบได้อีกด้วย ดังนั้นกระบวนการทดสอบไอซีจะต้องมีความถูกต้องและแม่นยำสูงเพื่อความมั่นใจของโรงงานผู้ผลิตเองและความมั่นใจของลูกค้า

## 2.2 หลักการทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี

การทดสอบไอซีคือการทดสอบคุณสมบัติของตัวไอซีโดยใช้แหล่งจ่ายสัญญาณ จ่ายสัญญาณทางด้านอินพุตเพื่อให้ไอซีอยู่ในสถานะทำงานและในขณะเดียวกันก็จะทำการวัดสัญญาณทางด้านเอาต์พุต โดยใช้เครื่องมือวัดทำการสัญญาณ โดยการทดสอบไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการทดสอบไอซีที่เป็นระบบโดยใช้เครื่องทดสอบไอซี ซึ่งมีหน้าที่จำลองการทำงานของไอซีไอซี โดยจะเป็นแหล่งกำเนิดกระแส แรงดันและสัญญาณต่างๆเพื่อให้ไอซีอยู่ในสถานะทำงาน ในขณะเดียวกันก็จะวัดคุณสมบัติต่างๆของไอซีตัวนั้นๆด้วย โดยวิศวกรเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมทดสอบเพื่อให้เครื่องทดสอบทำการทดสอบไอซีตามที่กำหนด ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจึงเป็นส่วนสำคัญซึ่งจะต้องสอดคล้องและเชื่อมโยงกับเครื่องมือวัดและแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างๆในเครื่องทดสอบไอซีโดยจะใช้บอร์ด (Applications Board) เป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างไอซีกับเครื่องทดสอบ และใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรจับชิ้นงาน (Handler Mechanical Equipment) เพื่อจับตัวไอซีวางบนจุดทดสอบ สัญญาณ (Contactor) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ระบบการทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี (ETS88 System, 2017)

## 2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบไอซี

เครื่องทดสอบไอซี จะมีหน้าที่จำลองการทำงานของไอซีไอซี โดยจะเป็นแหล่งกำเนิดกระแสแรงดันและสัญญาณต่างๆเพื่อให้ไอซีอยู่ในสถานะทำงาน ในขณะเดียวกันก็จะวัดคุณสมบัติต่างๆของไอซีตัวนั้นๆด้วย โดยวิศวกรเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมทดสอบเพื่อให้เครื่องทดสอบทำการทดสอบไอซีตามที่กำหนด ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจึงเป็นส่วนสำคัญซึ่งจะต้องสอดคล้องและเชื่อมโยงกับเครื่องมือวัดและแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างๆในเครื่องทดสอบไอซี

### 2.3.1 เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไอซีอยากเป็นระบบ ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแส จ่ายแรงดัน และสัญญาณภาพคลื่นต่างๆ รวมไปถึงวัดสัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะดังภาพที่ 2.5 โดยมีส่วนประกอบคือ

2.3.1.1 คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ (Compute/Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบ โดยจะให้การเขียนคำสั่งภาษาซี ภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ตัวเครื่องทดสอบไอซี (Test Head) ทำหน้าที่จ่ายกระแส จ่ายแรงดัน สัญญาณภาพคลื่นต่างๆและในขณะเดียวกันก็สามารถวัดสัญญาณเอาต์พุตด้วย โดยภายในตัวเครื่องทดสอบไอซีประกอบไปด้วยบอร์ดต่างๆดังนี้

1. OVI บอร์ด ทำหน้าที่เสมือนเพาเวอร์ซัพพายในการจ่ายแรงดันให้กับตัวไอซี โดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

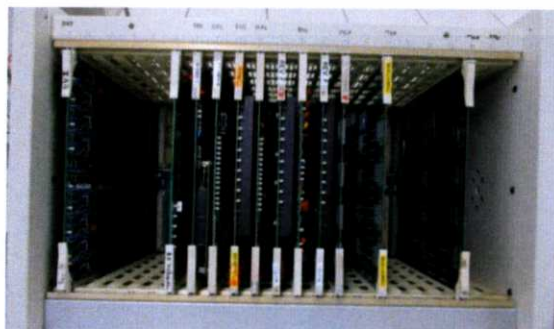
2. TMU บอร์ด ทำหน้าที่เสมือนออสซิลโลสโคปในการวัดเวลาเวลา วัดค่าความถี่ วัด Rise Times หรือ Fall Times และรวมไปถึงค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ในขาเอาต์พุตของตัวไอซี โดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

3. DDD บอร์ด ทำหน้าที่เสมือนฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (Function Generator) ในการจ่ายสัญญาณดิจิทัลสำหรับขาอินพุตโดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

4. DVI บอร์ด ทำหน้าที่คล้ายกันกับ OVI บอร์ด คือ ทำหน้าที่เสมือนเพาเวอร์ซัพพายในการจ่ายแรงดันให้กับตัวไอซี โดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

5. MUX บอร์ด ทำหน้าที่เสมือนรีเลย์เป็นอุปกรณ์สวิตช์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ควบคุมการจ่ายสัญญาณอินพุตจากบอร์ดต่างๆสู่ไอซี และควบคุมการวัดสัญญาณต่างๆจากไอซีสู่เครื่องทดสอบไอซี โดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

6. Digitizer ทำหน้าที่ในการค่าความถี่วัดค่าเวลาอย่างละเอียด ทำหน้าที่คล้ายกันกับ TMU บอร์ด แต่ให้ความละเอียดได้มากกว่า วัดเวลาเวลา วัดค่าความถี่ วัด Rise Times หรือ Fall Times และรวมไปถึงค่าดิวตี้ไซเคิลในขาเอาต์พุตของตัวไอซี โดยการใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นตัวควบคุมการทำงาน

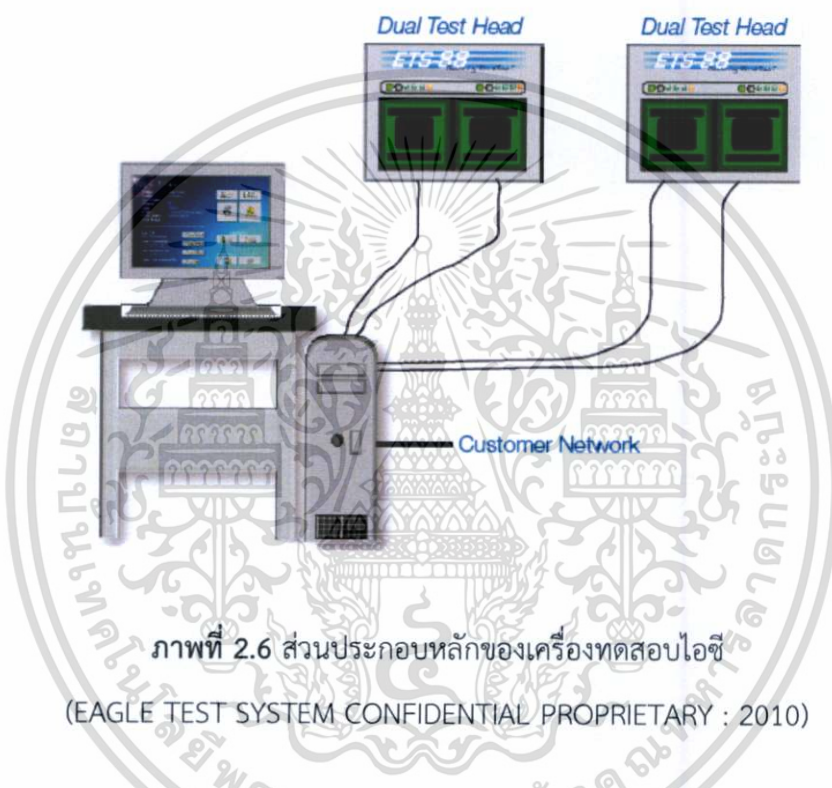


ภาพที่ 2.5 เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

เครื่องทดสอบไอซี แบบ ETS88 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไอซี อย่างเป็นระบบ สามารถจ่ายสัญญาณ DC แรงดันสูงสุดได้ 500 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุดได้ 50 มิลลิแอมป์ และสามารถจ่ายสัญญาณ AC ภาพคลื่นต่างๆหลากหลายชนิด เช่น สัญญาณภาพคลื่นสี่เหลี่ยม ภาพคลื่นไซน์ หรือการ sweep แรงดัน ซึ่งในขณะเดียวกันก็สามารถวัดการตอบสนองสัญญาณเอาต์พุตของไอซีได้อีกด้วยโดยทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนโปรแกรมทดสอบไอซี เครื่องทดสอบไอซีจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญดังภาพที่ 2.6



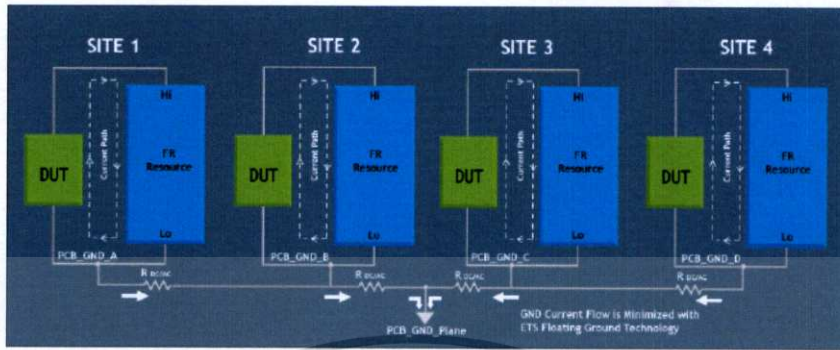
ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบหลักของเครื่องทดสอบไอซี  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

2.3.2.1 คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ จะเป็นส่วนของจอแสดงผลและควบคุมการทำงานทั้งระบบของเครื่องทดสอบไอซี โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision ผ่านคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

2.3.2.2 ระบบเน็ตเวิร์ค (Customer Network) คือส่วนของการเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ และ ตัวเครื่องทดสอบไอซี เช่น สายนำสัญญาณ และยังรวมถึงระบบการจัดเก็บโปรแกรมทดสอบไอซีจากคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบสู่ระบบเน็ตเวิร์ค

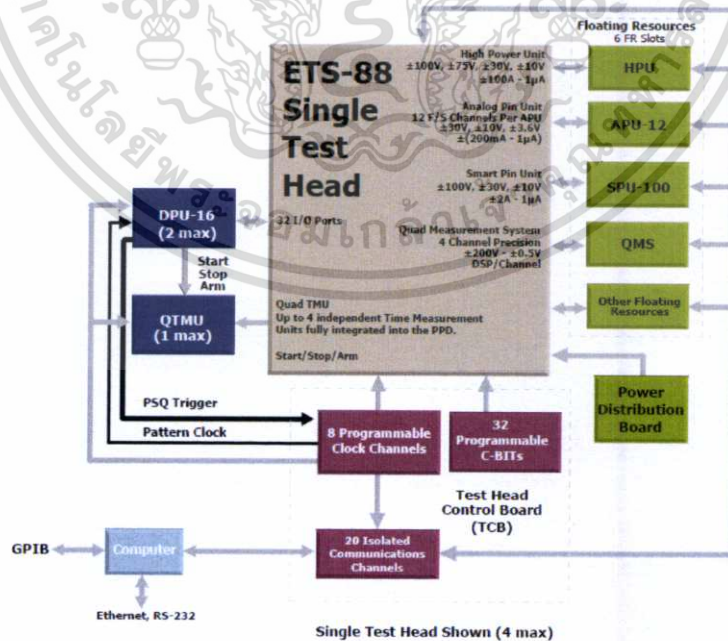
2.3.2.3 ตัวเครื่องทดสอบไอซี เป็นส่วนสำคัญในระบบทดสอบไอซี ทำหน้าที่จำลองการทำงานของไอซีไอซี โดยจะเป็นแหล่งกำเนิดกระแส แรงดันและสัญญาณต่างๆเพื่อให้ไอซีอยู่ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะทำงาน ในขณะเดียวกันก็จะวัดคุณสมบัติต่างๆของไอซีตัวนั้นๆด้วย โดยแสดงบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของตัวเครื่องทดสอบไอซี (EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

ภายในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จะมีบอร์ดที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายสัญญาณ และทำหน้าที่วัดสัญญาณ เรียกบอร์ดเหล่านี้ว่า Tester Confiscations ถูกบรรจุอยู่ในช่องใส่บอร์ดของเครื่องทดสอบไอซี ซึ่งจะมีหน้าที่คุณสมบัติและขีดความสามารถที่แตกต่างกันออกไปโดยมีรายละเอียดและบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 2.8

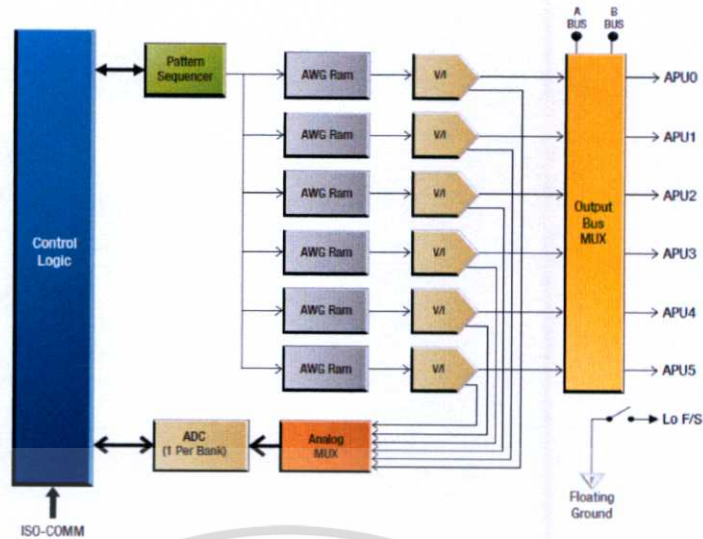


ภาพที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลิขสิทธิ์ส่วนตัวสำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมายและไม่คุ้มครองในทางใดทางหนึ่ง อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

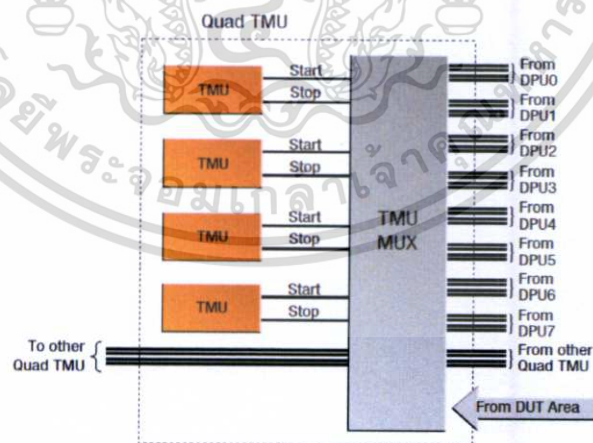




ภาพที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรม APU12 บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

### 3. Quad Time Measurement Unit หรือ QTMU

Quad Time Measurement Unit หรือ QTMU บอร์ด เป็นบอร์ดที่สำคัญมากในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 สามารถวัดสัญญาณภาพคลื่นต่างๆ จากตัวไอซี รวมไปถึงการวัดค่าเวลาและค่าความถี่ของสัญญาณ Measures propagation delays, rise/fall times, frequency, duty cycle, events, etc. สัญญาณรบกวนต่ำ มี 8 ช่องวัดสัญญาณ ซึ่งทำงานอิสระต่อกัน โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 2.11

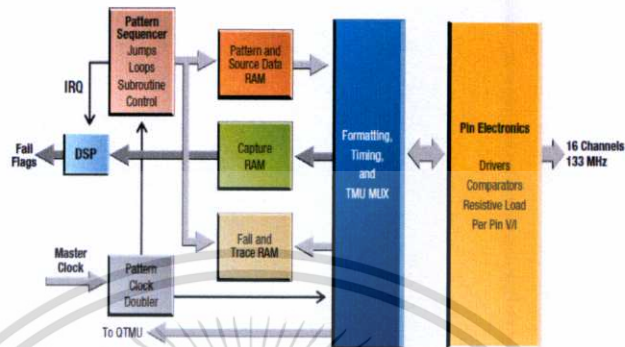


ภาพที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรม QTMU บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. Digital Pin Unit หรือ DPU16

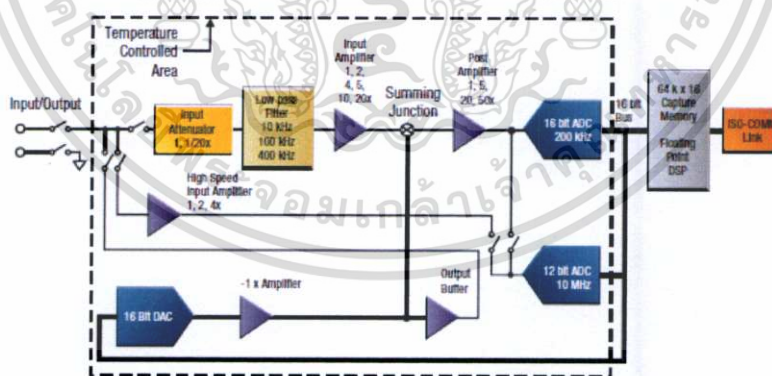
Digital Pin Unit หรือ DPU16 บอร์ด เป็นบอร์ดที่ใช้สำหรับการจ่ายและวัดสัญญาณดิจิทัล และจ่ายสัญญาณนาฬิกา โดยมีอินพุตและเอาต์พุต 16 ช่อง จ่ายสัญญาณ -1 โวลต์ ถึง 7 โวลต์ มีค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม รองรับสัญญาณแวกเตอร์สูงถึง 133 เมกะเฮิรตซ์ จ่ายและวัดแรงดันผ่านไอซีโดยตรง โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรม DPU16บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

#### 5. Quad Measurement System หรือ QMS บอร์ด

Quad Measurement System หรือ QMS บอร์ด เป็นบอร์ดที่ใช้วัดกระแส วัดแรงดัน ความเร็วสูง มีช่องวัดสัญญาณ 4 ช่อง วัดสัญญาณได้ทั้ง AC และ DC มีย่านการใช้งานตั้งแต่  $\pm 200$  โวลต์ ถึง  $\pm 0.5$  โวลต์ โดยแสดงบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรม QMS บอร์ด ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

#### 6. Test Head Control Board หรือ TCB/CBIT

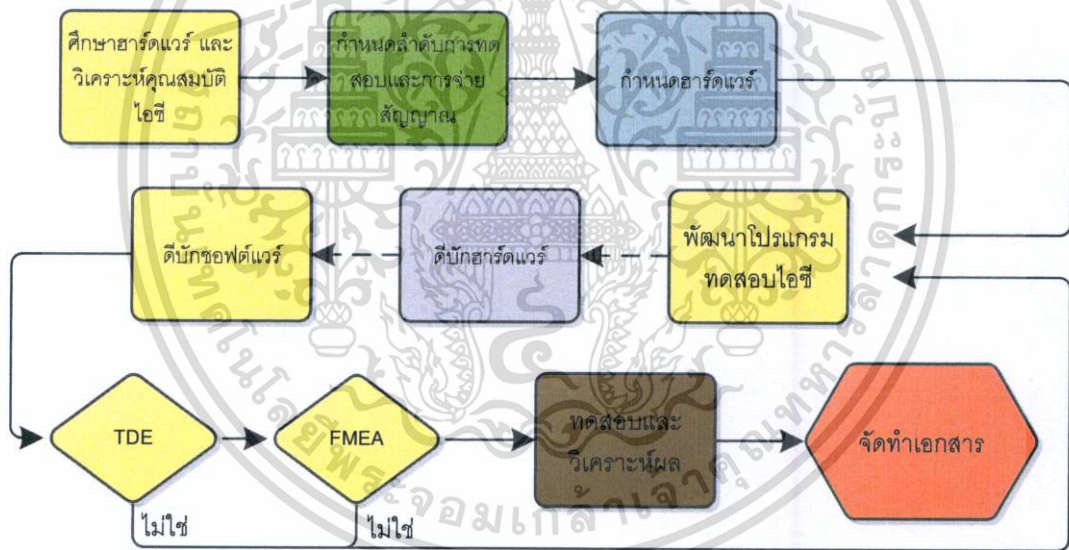
Test Head Control Board หรือ TCB/CBIT บอร์ด เป็นบอร์ดที่มีส่วนประกอบหลักคือ รีเลย์ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ต่างๆทั้งภายในเครื่องทดสอบไอซีและภายนอก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทดสอบไอซี เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณ และการวัดสัญญาณจากบอร์ดต่างๆไปสู่ตัวไอซี ประกอบไปด้วย 16 ช่องสัญญาณอิสระต่อกัน

## 2.4 กรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี

### 2.4.1 กรอบแนวคิดสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี

ผู้วิจัยได้การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีเพื่อใช้ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยใช้โค้ดคำสั่งภาษาซีพัฒนาโปรแกรมภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ฮาร์ดแวร์เพื่อนำไปสู่การกำหนดลำดับขั้นตอนการทดสอบไอซี และกำหนดแหล่งจ่ายสัญญาณต่างๆในเครื่องทดสอบให้กับอุปกรณ์ไอซี จากนั้นเริ่มทำการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี เมื่อได้โปรแกรมทดสอบไอซีแล้วทำการดีบั๊กอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ร่วมกับโปรแกรมทดสอบไอซี หลังจากที่ได้โปรแกรมทดสอบไอซีที่สมบูรณ์แล้วจะทำการตั้งค่าการบันทึกค่า และข้อมูลสำหรับพนักงานประจำเครื่อง จากนั้นทดสอบประเมินผลและออกเอกสารเพื่อรับรองโปรแกรมทดสอบไอซี โดยกรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบแสดงดังภาพที่ 2.14

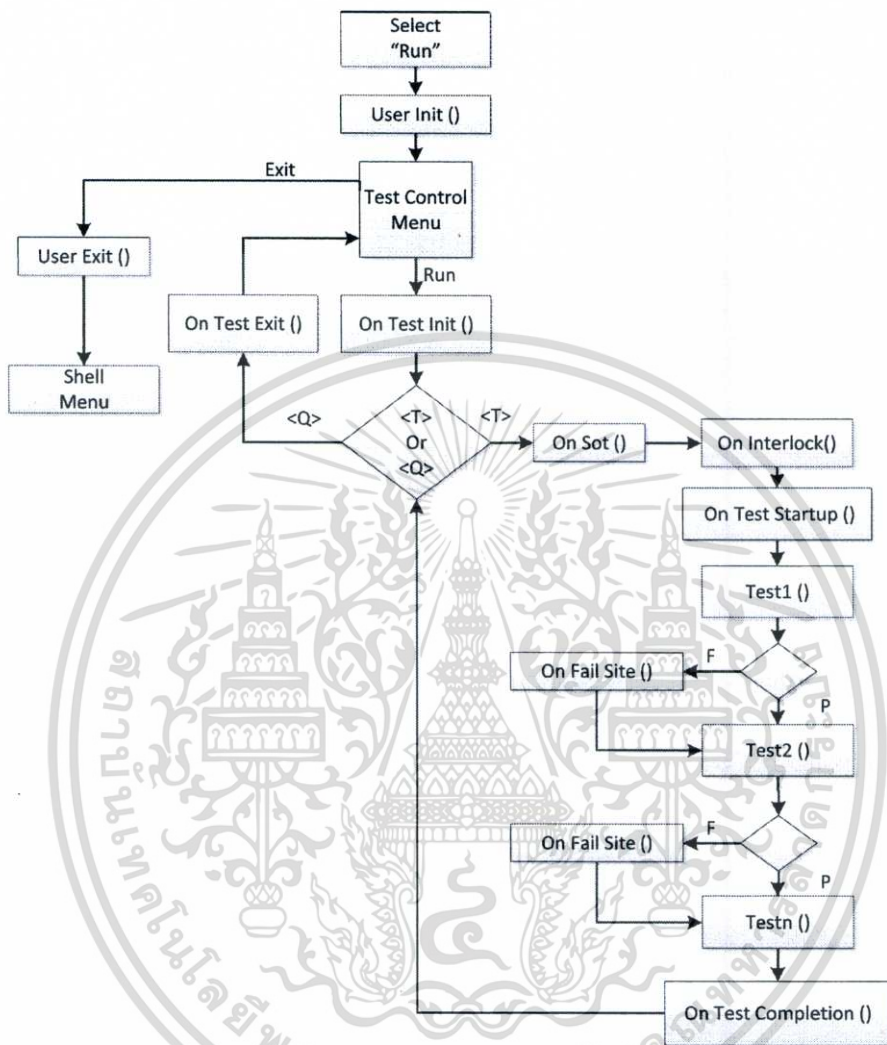


ภาพที่ 2.14 กรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

### 2.4.2 โปรแกรมทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

โครงสร้างระบบปฏิบัติการ Eagle Vision จะมีส่วนประกอบหลายส่วน โดยเริ่มจาก User Initial เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมทดสอบได้กรอกข้อมูลลงไปก่อนเริ่มทำการทดสอบไอซี หลังจากที่ได้ใส่ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นเรียบร้อยแล้วก็ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อให้เลือก Test Control Menu ซึ่งจะเป็นลักษณะการเลือกเงื่อนไขของการทดสอบไอซี หลักจากนั้นจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เลือก On Test Initial เป็นการฟังก์ชันการทดสอบไอซี จากนั้นจะทำการเขียนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานวิศวกรสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมเพื่อให้เลือก On Sot เพื่อให้สามารถเลือกช่องทดสอบสัญญาณได้ หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เลือกเงื่อนไขต่างๆของไอซีที่จะทดสอบแล้ว จะเริ่มเขียนโปรแกรมทดสอบไอซีในลำดับถัดไป โดยระบบปฏิบัติการการ Eagle Vision มีโครงสร้างดังภาพที่ 12.15



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างระบบปฏิบัติการการ Eagle Vision  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

## 2.5 การวัดผล

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2546) ได้ให้นิยามความหมายของการวิเคราะห์ระบบวัดว่า สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการวัดอย่างสมบูรณ์ ในการกำหนดปริมาณหน่วยที่ทำการวัดหรือการประเมินลักษณะที่ได้รับการวัด สำหรับสมบัติขั้นพื้นฐานที่ดีในออกแบบระบบการวัดที่ดีจะประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มีความไว (Sensitivity) คือ ส่วนที่ใช้ในการวัดอย่างน้อยที่สุดในหน่วยย่อยของการวัดนั้น ควรจะมีระดับที่อ่านได้ 10 ส่วน

2. เงื่อนไขการทำซ้ำ (Repeatable Condition) หมายถึง ระบบที่ใช้ในการวัดจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ

3. ในกรณีควบคุมผลิตภัณฑ์ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดจะต้องมีค่าน้อยกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของค่ายอมรับ

4. ในกรณีการควบคุมกระบวนการ ความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดจะต้องมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรจากกระบวนการผลิต ความคลาดเคลื่อนของค่าวัด คือค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัดอันเนื่องมาจากสาเหตุธรรมชาติ ดังนั้นในการบริหารระบบการวัดในการประกันคุณภาพ ต้องพยายามทำให้ค่าคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือมีค่าวัดต่ำที่สุด เพื่อให้ค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงจริงสำหรับสิ่งที่วัดที่สุด ซึ่งความคลาดเคลื่อนแบ่งได้ 3 ประเภท

ประเภทที่ 1 ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากสาเหตุผิดพลาดจากระบบการวัด โดยเป็นสาเหตุที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ แต่สามารถกำจัดได้ด้วยการทาระบบการวัดให้เป็นมาตรฐาน คือ กำหนดขั้นตอนและวิธีการที่แน่นอน ส่วนมากเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และวิธีการวัดของพนักงานที่ทำการวัด

ประเภทที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ เป็นความเบี่ยงเบนของค่าที่ควรจะเป็นจากค่าจริงหรือ ค่าความเอนเอียง ซึ่งจะมีสาเหตุมาจากโครงสร้างของเครื่องมือวัดเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนี้ยังอาจมีผลมาจากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสอบเทียบสำหรับโครงสร้างของเครื่องมือวัด และควบคุมปริมาณที่มีผลต่อค่าวัดด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมของระบบ การวัด

ประเภทที่ 3 ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม เป็นความผันแปรของข้อมูลสอบค่าที่ควรเป็น ซึ่งจะมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่ม โดยมีสาเหตุจากสาเหตุธรรมชาติของระบบการวัด และไม่สามารถกำจัดทิ้งได้แต่สามารถปรับค่าให้ลดลงได้ด้วยการกำหนดการแก้ไขระบบการวัด

#### 2.5.1 ความผันแปรของระบบการวัด

การกำหนดให้ระบบการวัดอยู่ในสภาพของกระบวนการ จึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจประเภทของความผันแปรและความสัมพันธ์กับความผันแปรของกระบวนการผลิต 32

1. ความผันแปรของตำแหน่ง หมายถึงสมบัติของการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากผลจากการวัดหลาย ๆ ครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง สามารถจำแนกได้คือ

1.1 ไบอัส (Bias) หมายถึง ตัวกำหนดด้วยปริมาณเอนเอียงหรือไบอัส ที่ซึ่งค่าไบอัสสามารถนิยามได้ว่าเป็นความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดได้บนลักษณะและชิ้นงานวัดเดียวกันโดยสมบัติด้านไบอัสนี้จะเป็นตัววัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบของระบบการวัด

1.2 ความเสถียร (Stability) หรือการเลื่อนออกไปแบบค่อยเป็นค่อยไปของค่าเฉลี่ยของ ค่าวัดจาก

ระบบการวัด ซึ่งเป็นการที่ได้จากระบบการวัดหนึ่งโดยอาศัยชิ้นงานหรือค่ามาสเตอร์เดียวกันหรือมีความหมายอีกนัยหนึ่งว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าไบอัสตลอดช่วงเวลา

1.3 ความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity) คือความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์วัด

2. ความผันแปรของความกว้าง หรือโดยทั่วไปจะเรียกว่า ความแม่นยำ (Precision) ซึ่งหมายถึงอิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง ความไว และความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) ตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด และจะแบ่งได้เป็นความผันแปรภายในเงื่อนไขและความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบการวัดดังนี้ คือ

2.1 ความผันแปรภายในเงื่อนไข (Repeatability) หมายถึงความผันแปรของค่าวัดรอบค่า ที่ควรจะเป็นของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันซ้ำๆ ซึ่งโดยทั่วไปหมายถึงความผันแปรจากอุปกรณ์ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไข (Reproducibility) หมายถึงความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด

#### 2.5.2 การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ

จรัล ทรัพย์เสรี (2550) ได้ให้นิยามความหมายของการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) ไว้ว่าเป็นการวิเคราะห์ระดับคุณภาพที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม ดัชนีดังกล่าวเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถของกระบวนการผลิตภัณฑ์ต่อการตอบสนองของข้อกำหนดของลูกค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีนิยามดังนี้

$$Cpk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}_{WITIN}}, \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}_{WITIN}} \right\}$$

$$Ppk = \text{Min.} \left\{ \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}_{OVERALL}}, \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}_{OVERALL}} \right\}$$

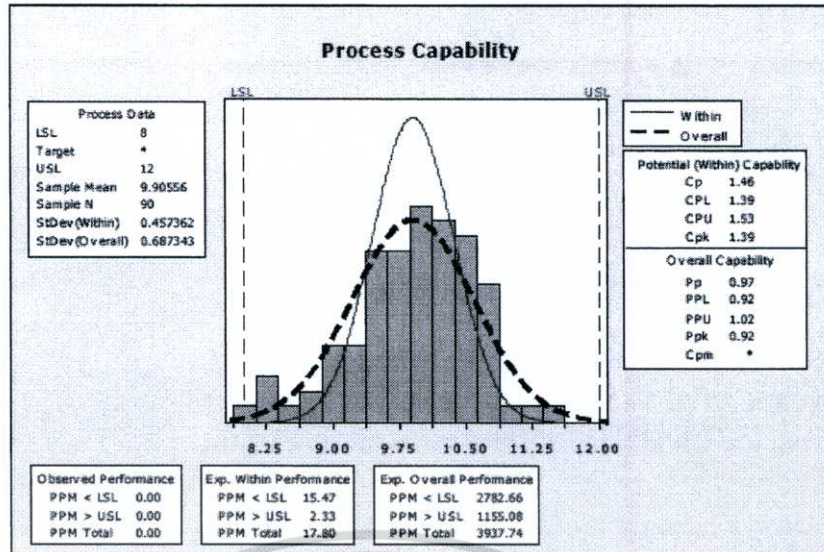
เมื่อ	CPK	หมายถึง Process Capability Index
	PPK	หมายถึง Process Performance Index
	USL	หมายถึง Upper Specification Limit
	LSL	หมายถึง Lower Specification Limit
	$\hat{\sigma}_{WITIN}$	หมายถึง Within-Subgroup Standard Deviation
	$\hat{\sigma}_{OVERALL}$	หมายถึง Overall Standard Deviation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยามดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

1. ค่า CPK และ PPK เป็นการนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความผันแปรของกระบวนการและข้อกำหนดของลูกค้ามาคำนวณร่วมกัน ดัชนีชี้วัดดังกล่าวสะท้อนว่ากระบวนการมีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้า
2. ในกรณีที่ Specification มี 2 ด้าน ค่า CPK และ PPK สูง เมื่อค่าเฉลี่ยอยู่ที่กลาง Specification และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย ๆ
3. ทั้ง CPK และ PPK มีความหมายลึกๆ ก็คือกระบวนการที่เราศึกษาอยู่นั้นมีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับ 3-Sigma Process ซึ่งอาจถือว่าเป็นขีดความสามารถอ้างอิงของแนวคิดทางคุณภาพแบบดั้งเดิมที่คาดหวังให้กระบวนการมีขีดความสามารถอย่างน้อย  $\pm 3$  sigma กระบวนการที่มีค่า CPK / PPK เท่ากับ 1 ก็คือ มีขีดความสามารถเทียบเท่ากับ 3-Sigma Process นั้นเอง
4. CPK เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น คือที่เวลาใดเวลาหนึ่ง กระบวนการมีขีดความสามารถเป็นอย่างไร ค่านี้จะแสดงเป็นนัยถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความจำกัดและพื้นฐานของเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการ
5. PPK เป็นค่าที่บอกถึงขีดความสามารถของกระบวนการในระยะยาวซึ่งจะรวมเอาความผันแปรที่เกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของกระบวนการเข้ามาด้วย กล่าวคือมีความผันแปรระยะสั้น รวมกับความผันแปรอื่นที่เข้ามากระทบกระบวนการ ค่านี้จะแสดงถึงขีดความสามารถของกระบวนการเมื่อเราให้กระบวนการดำเนินการไปเป็นระยะเวลาานาน ๆ
6. กระบวนการที่ทั้ง CPK และ PPK มีค่าสูงแสดงว่ามีขีดความสามารถของกระบวนการสูงตามไปด้วย
7. ค่า PPK จะน้อยกว่าหรือเท่ากับ CPK เสมอ
8. ถ้า CPK และ PPK มีค่าใกล้กัน แสดงว่ากระบวนการไม่สูญเสียเสถียรภาพเนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ย หรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการถูกควบคุมได้อย่างมีเสถียรภาพในระยะยาว
9. ถ้าค่า PPK น้อยกว่า CPK มาก แสดงว่ากระบวนการสูญเสียเสถียรภาพ เนื่องจากการขยับตัวของค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดงว่ามีบางปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงเข้ามากระทบกระบวนการเมื่อเวลาเปลี่ยนไป
10. การประเมินค่า CPK และ PPK มีดังนี้
  - 10.1  $CPK / PPK < 1$  กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง
  - 10.2  $1 < CPK / PPK < 1.33$  หมายความว่าอาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยากหรือมีความจำกัดด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงกระบวนการ
  - 10.3  $CPK / PPK > 1.33$  กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
  - 10.4  $CPK / PPK > 2$  คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 แสดงค่า CPK 1.39 กระบวนการมีขีดความสามารถที่ค่อนข้างดี (จรัล ทรัพย์เสรี : 2550)

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยรรยง ศรีสวัสดิ์ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาฟิล์มลอกของซิลิคอนเวเฟอร์ในการเคลือบผิวฟิล์มบางสำหรับอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ เพื่อศึกษาผลกระทบของ อุณหภูมิชิ้นงาน ความดันสุญญากาศ และ อัตราการระเหยสาร ที่ส่งผลต่อการลอกของฟิล์มบางในกระบวนการเคลือบแผ่นซิลิคอนเวเฟอร์สำหรับอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิของโรงงานเคลือบผิวฟิล์มบางแห่งหนึ่ง โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคตอเรียลแบบเต็มภาพชนิด 23 แฟคตอเรียล เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาฟิล์มลอกของซิลิคอนเวเฟอร์ในการเคลือบผิวฟิล์มบางสำหรับอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ การทดลองครั้งนี้ใช้ตัวอย่างการทดลองโดยการสุ่มครั้งละ 2 ชิ้นรวมทั้งสิ้น 32 ชิ้น และมีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง การทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มบางใช้วิธีการกรีดผิวฟิล์มบางเป็นตารางด้วยหัวเพชรและ ใช้เทปกาวใสปิดทับบริเวณที่ถูกกรีดแล้วดึงขึ้นเพื่อประเมินอัตราการลอกของฟิล์มบาง การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จภาพมินิเทป 14 ผลการทดลองพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดฟิล์มลอกที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ ) ได้แก่ อุณหภูมิของชิ้นงาน อันตรกิริยาระหว่าง อุณหภูมิชิ้นงานกับความดันสุญญากาศ และอันตรกิริยาสამปัจจัยหลักได้แก่ อุณหภูมิชิ้นงาน ความดันสุญญากาศ และ อัตราการระเหยสาร

Cheng-Nan Hu and Hsuan-Chung Ko (2011 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาการผลิตไอซีโดยการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนที่เกิดจากกระบวนการทดสอบไอซี โดยวิธีใหม่ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การในการตรวจจับข้อผิดพลาดในการทดสอบไอซีประเภทปรับความถี่คลื่นความถี่วิทยุ (RFIC) ที่เกิดจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเซอร์สำหรับการวัดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบรรยากาศ (EM) ที่เครื่องทดสอบไอซี (ATE) เพื่อพิจารณาว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดสอบไอซีปรับความถี่คลื่นความถี่วิทยุ เมื่อตรวจพบข้อผิดพลาดในการทดสอบ ขั้นตอนการสอบใหม่ถูกเรียกใช้เพื่อแก้ปัญหาข้อผิดพลาดในการทดสอบและเพื่อปรับปรุงการไม่ให้เกิดผลกระทบต่อไอซี โดยใช้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีมอนติคาร์โล แบบจำลอง "Source-Path-Victim" เพื่อจำลองผลกระทบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดเป็นสัญญาณรบกวนในเครื่องทดสอบไอซี และทำการออกแบบอาร์เรย์เสาอากาศแบบ Dual-Band ติดตั้งในเครื่องทดสอบไอซี ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณและการตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้ทำการติดตั้งเสาอากาศแบบ Dual-Band ทำให้การรบกวนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ลดลง

Yuh-Yih Lu, Da-Yuan Lin and Chung-Hsiung Yeh (2011 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาการทดสอบไอซี โดยการวิเคราะห์การเชื่อมต่อกันระหว่าง Pogo Pin กับขาของไอซีในเครื่องทดสอบไอซี ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดออกซิเดชันของซ็อกเก็ต Pogo Pin คราบติดบูกการที่ยึดเกาะและปัญหาจากฝุ่นละอองและอื่นๆ โดยการใช้แปรงด้วยการทำความสะอาดเฉพาะทาง เพื่อทำความสะอาดโดยการแปรการกระทำนี้จะทำให้พื้นผิวเคลือบทอง ชั้นของซ็อกเก็ต Pogo Pin ลอกออกและหากใช้น้ำยาทำความสะอาดจะทำให้ไหลเข้าโหลดบอร์ด ซึ่งจะทำให้บอร์ดเสียหาย ปรากฏการณ์เหล่านี้ลดอายุการใช้งานของซ็อกเก็ต Pogo Pin และมีอิทธิพลต่อผลการทดสอบไอซี ผู้วิจัยจึงใช้ YAG laser ทำความสะอาดพื้นผิวออกไซด์ คราบติดบูกและชั้นผงของพิน Pogo Pin วิธีการทำความสะอาดแบบนี้จึงช่วยเพิ่มผลผลิตการทดสอบการใช้เครื่องทดสอบไอซีและลดต้นทุนการทดสอบไอซีได้

ศราวุธ มีพัฒน์ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ ในโรงงานผลิตแผงวงจรรวมโดยการออกแบบการทดลองงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอน เวเฟอร์ใน การผลิตแผงวงจรรวม การทดลองนี้ใช้เครื่องตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์รุ่น KS7500+ และใบมีดรุ่น ZH05-SD2000-70 CC ในการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ที่มีขนาดชิพ 2,540 x 2,540 ไมครอน โดยการทดลองเริ่มจากการออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล 1/2 โดยแต่ละปัจจัย มี 2 ระดับ ทาการรองปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ 1. ความเร็วรอบในการตัด 2. อัตราการป้อนใบมีด 3. ความลึกในการตัด และ 4. อัตราการฉีดน้ำหล่อเย็น พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการบิ่นของขอบชิพอย่างมีนัยสำคัญคือ ความเร็วรอบในการตัด อัตราการป้อนใบมีด และความลึกในการตัด ตามลำดับ จากนั้นใช้การทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) เพื่อวิเคราะห์หาผลตอบสนองที่ดีที่สุด โดยที่ผลการทดลองมีขนาดการบิ่นของขอบชิพที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าค่าที่เหมาะสมของปัจจัย ๆ คือ ความเร็วรอบในการตัด เท่ากับ 46,000 รอบต่อนาที อัตราการป้อนใบมีดเท่ากับ 1.5 นิ้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อวินาที และความถี่ในการตัด เท่ากับ 305 ไมครอน ซึ่งทำให้อัตราการเกิดของเสียในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำไปดำเนินการจริงพบว่าสามารถลดปัญหาการบิ่นของขอบชิพจากเดิม 0.15% ลดลงเหลือ 0.06% คิดเป็นร้อยละ 60

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ทางด้านการทดสอบไอซี แสดงให้เห็นถึงอุตสาหกรรมการผลิตไอซีในยุคปัจจุบัน มีหลายองค์การที่ให้ความสนใจทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยหลายๆ งานวิจัยได้แสดงถึงการพัฒนาและการเพิ่มศักยภาพการผลิตและการทดสอบไอซี ไม่ว่าจะเป็นการบวนการผลิตหรือกระบวนการทดสอบไอซี โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ต่างก็เน้นไปที่ปริมาณไอซี คุณภาพไอซี และระยะเวลาในการผลิตหรือการทดสอบไอซี ดังนั้นงานวิจัยการการพัฒนาโปรแกรมทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบไอซีรุ่น ETS88 จะช่วยให้ลดเวลาและเพิ่มศักยภาพในการทดสอบไอซีมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้ได้ไอซีคุณภาพสูงจากอุตสาหกรรมผลิตในประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมทดสอบสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไปสู่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทดสอบคุณสมบัติของไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซี โดยใช้โปรแกรมทดสอบไอซีของ 2010 EAGLE TEST SYSTEM ซึ่งมีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัย
- 3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังต่อไปนี้ คือ

- 3.1.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ ไอซีประเภทขับ LED (LED Driver) จากฝ่ายการผลิตของบริษัทผลิตไอซีในประเทศไทย เป็นไอซีแพ็คเกจ SOIC ขนาด 150 มิล 8 ขา
- 3.1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ ไอซีประเภทขับ LED คุณภาพดีจำนวน 40 ตัว
- 3.1.3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ ไอซีประเภทขับ LED ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ 1,999 ตัว

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.2.1 เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไอซีอย่างเป็นระบบที่ทำหน้าที่จ่ายกระแส จ่ายแรงดัน และสัญญาณภาพคลื่นต่างๆรวมไปถึงวัดสัญญาณเอาต์พุต มีส่วนประกอบหลังๆดังนี้

1. คอมพิวเตอร์หรือคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบไอซีทั้งระบบโดยใช้การเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวเครื่องทดสอบ (Test Head) ทำหน้าที่จ่ายกระแส และแรงดันรวมทั้งสัญญาณ ภาพคลื่นต่างๆ ในขณะที่เดียวกันก็สามารถวัดสัญญาณเอาต์พุตด้วย

### 3.2.2 เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบไอซีอย่างเป็นระบบ สามารถจ่ายสัญญาณ DC แรงดันสูงสุดได้ 500 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุดได้ 50 มิลลิแอมป์ และสามารถจ่ายสัญญาณ AC ภาพคลื่นต่างๆหลายประเภท เช่น ภาพคลื่นสี่เหลี่ยม ภาพคลื่นไซน์ หรือ จ่ายสัญญาณกวาด (Sweep Voltage) ในขณะเดียวกันก็สามารถวัดการตอบสนองสัญญาณเอาต์พุตของไอซีได้อย่างรวดเร็ว ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ การเขียนโปรแกรมทดสอบไอซี โดยมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์หรือคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบ โดยการเขียนคำสั่งภาษาซีภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision
2. ตัวเครื่องทดสอบ ทำหน้าที่จ่ายกระแสและแรงดัน รวมทั้งสัญญาณภาพคลื่นต่างๆในขณะที่เดียวกันก็สามารถวัดสัญญาณเอาต์พุตด้วย โดยภายในตัวเครื่องทดสอบมีบอร์ดที่สำคัญ และทำหน้าที่ต่างๆ

### 3.2.3 โปรแกรมทดสอบไอซี

โปรแกรมทดสอบไอซีจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบทดสอบ ไอซี โปรแกรมทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซี จะใช้โครงสร้างและพื้นฐานการออกแบบมาจาก ภาษาซี โดยจะพัฒนาภายใต้ระบบปฏิบัติการของเครื่องทดสอบไอซี มีภาพแบบการเขียนและขั้นตอน การเขียนโปรแกรมโดยอ้างอิง และพัฒนาจากรอบแนวคิดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ 2010 EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY (EAGLE TEST SYSTEM ATERADYNE COMPANY: 2011)

1. พลิกอนดิชัน (Preconditions) เริ่มจากการเขียนคำสั่งให้บอร์ดในเครื่องทดสอบ ไอซีเชื่อมต่อกับไอซีโดยใช้ CBIT เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผู้วิจัยเรียกขั้นตอนนี้ว่า พลิกอนดิชัน (Preconditions) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างคำสั่งพลิกอนดิชัน

```
// Test Function: Continuity GATE pin, RT pin, CS pin, LD pin and PMW pin
```

```
// Preconditions
```

```
SetTestNumber( TestNmbr[DSIndex] );
```

```
SetSubTestNumber( SubTestNmbr[DSIndex] );
```

```
alarmset( ALARM_OVERRANGE, OFF );//ALARM OFF
```

```
cbitclose( K7, K10 ); //GATE to apu12 & RT to IO
```

```
lwait(1000); // Delay 1 ms.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนจ่ายสัญญาณให้กับไอซี (Signal Source) ทำการเขียนคำสั่งให้จ่ายสัญญาณต่างๆให้กับตัวไอซี ซึ่งขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นตอนจ่ายสัญญาณให้กับไอซี

ตัวอย่างคำสั่งจ่ายสัญญาณ

```
// Test Function: Continuity
```

```
// Supply
```

```
dpiniset( "GP_IO_CONT", DPIN_FI, iforce, DPIN_10V, DPIN_32MA, 2.0, -2.0,
MS_ALL ); //force I to GP_IO_CONT (PMW and RT)
apu12set( APU12_LD, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI ); //set APU12_LD
apu12set( APU12_CS, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI ); //set APU12_CS
apu12set( APU12_GT, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI ); //set APU12_GT
lwait(5000); // Delay 5ms.
```

3. ขั้นตอนการวัดสัญญาณเอาต์พุต (Output Signal Measurements) การเขียนคำสั่งให้เครื่องทดสอบไอซีทำการวัดค่าสัญญาณเอาต์พุตผู้วิจัยเรียกขั้นตอนนี้ว่า ขั้นตอนการวัดสัญญาณเอาต์พุต

ตัวอย่างคำสั่งวัดสัญญาณเอาต์พุต

```
// Test Function: Continuity
```

```
// Output Signal Measurement
```

```
lwait(5000); // Delay 5ms.
dpinmv( "GP_IO_CONT", 100, 13.0, MS_ALL ); //Measurement Voltage. (PMW
and RT)
apu12mv( GP_APU12_CONT, 10, 13.0 ); //Measurement Voltage.
groupgetresults( vMeasPWM_RT,(2*NUM_SITES) ); //PMW and RT
msScaleDataAll( -1, vMeasPWM_RT, 2*NUM_SITES ); //scale
groupgetresults( vMeasLD_CS_GT, (3*NUM_SITES) ); //LD CS and GT
msScaleDataAll( -1, vMeasLD_CS_GT, 3*NUM_SITES ); // scale
```

4. ขั้นตอนการหยุดจ่ายสัญญาณ (Shut Down) สุดท้ายหลังจากวัดค่าเสร็จจะทำการปิดสัญญาณต่างๆที่ส่งจ่ายเข้ามาเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับงาน ผู้วิจัยเรียกขั้นตอนนี้ว่า ขั้นตอนการหยุดจ่ายสัญญาณ โดยแสดงกระบวนการทั้งหมดดังผังงานภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างคำสั่งหยุดจ่ายสัญญาณ

```
// Test Function: Continuity
```

```
// Shut Down
```

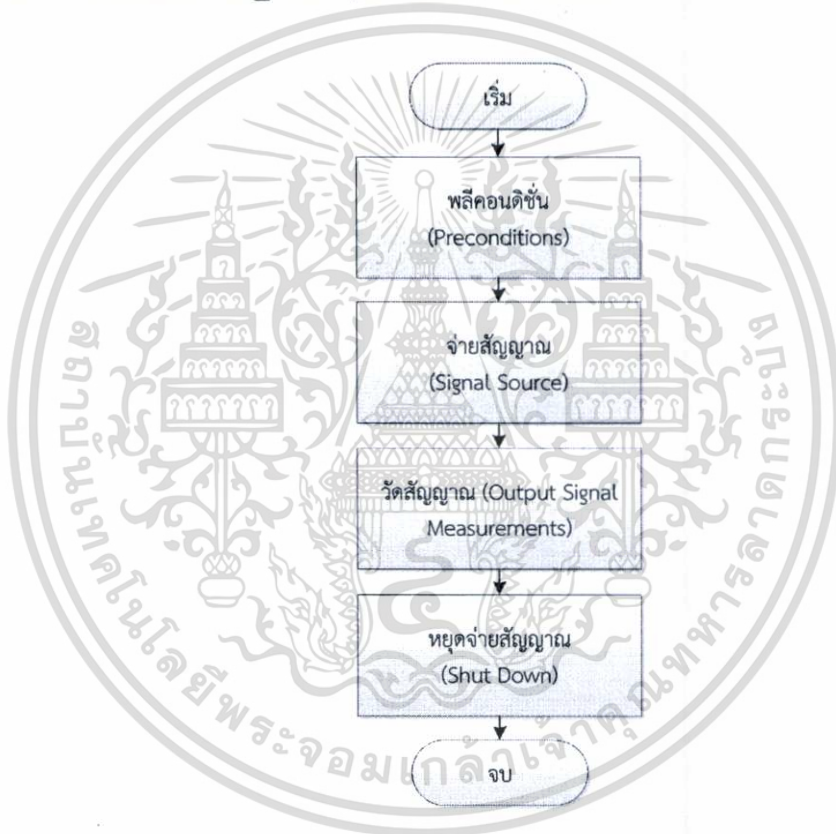
```
dpinviset( "GP_IO_CONT", DPIN_FV, 0, DPIN_10V, DPIN_32MA,
DPIN_CLAMP_OFF, DPIN_CLAMP_OFF, MS_ALL ); // power down.
```

```
apu12set( GP_APU12_CONT, APU12_FV, 0, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI ); // power down
```

```
cbitopen( ALL_CBIT );
```

```
alarmset( ALARM_OVERRANGE, ON );
```

```
return( msSiteStat( MS_ALL ) ); // Return w/status
```

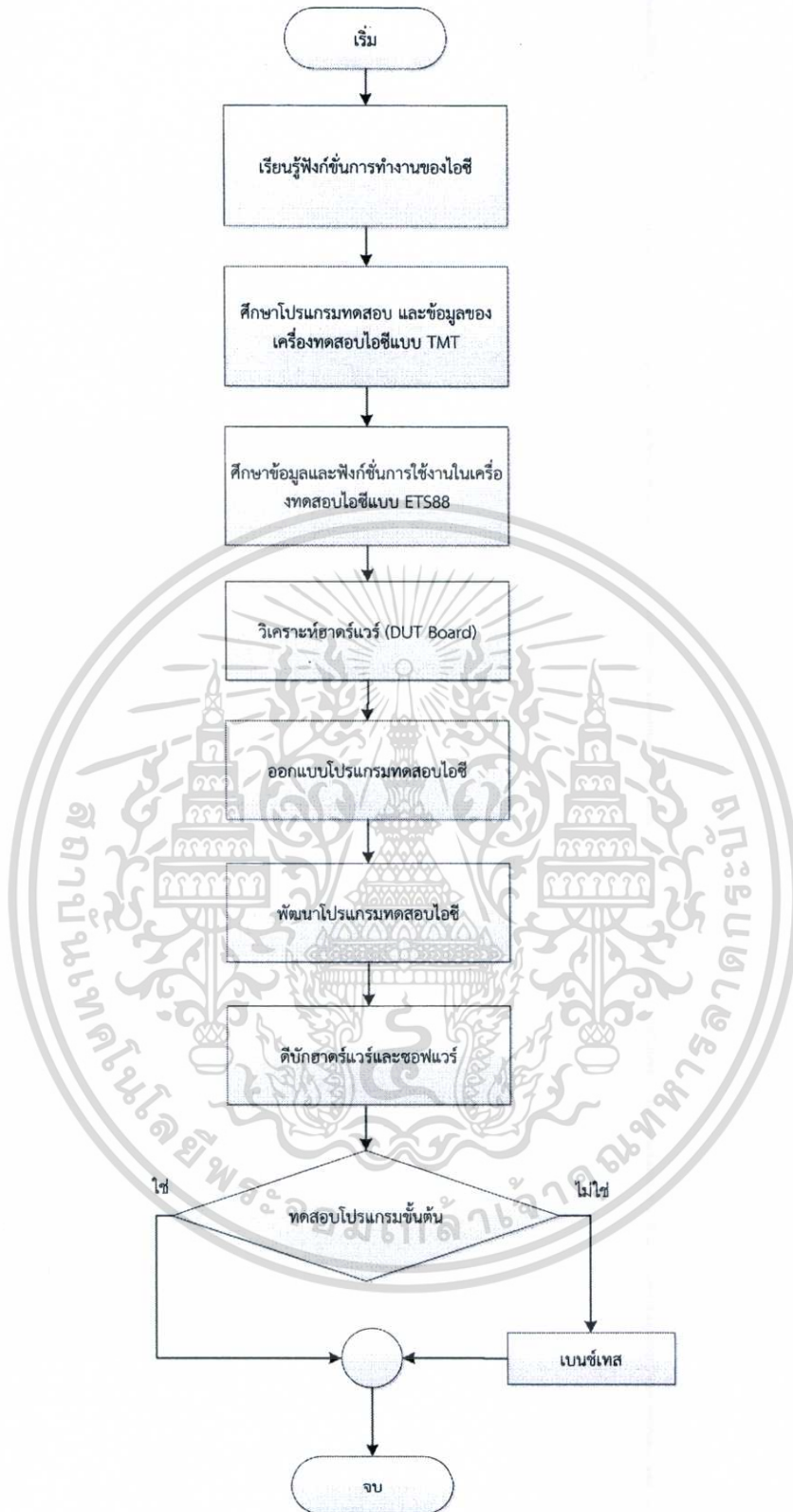


ภาพที่ 3.1 ผังงานรูปแบบการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบไอซี  
(EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010)

### 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซี มีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ผังงานขั้นตอนการพัฒนาพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 ศึกษาฟังก์ชันการใช้งานอุปกรณ์ทดสอบไอซี เครื่องทดสอบไอซีและวางแผนทดสอบไอซี

1. ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือจากการเรียนรู้ฟังก์ชันการทำงานของไอซีกลุ่มตัวอย่างจากเอกสารกำกับไอซี เพื่อให้ทราบฟังก์ชันและเงื่อนไขการใช้งานในไอซีที่ออกแบบโปรแกรมทดสอบ โดยตัวอย่างโปรแกรมทดสอบที่พัฒนาขึ้นภาคผนวก ค และนำไปสู่การกำหนดลำดับการทดสอบไอซี (Test Plan) ที่ต้องการจะแปลง โดยเน้นไปที่เงื่อนไขการวัดและการทำงานในแต่ละฟังก์ชันของไอซีหรือการกำหนดเงื่อนไขการทดสอบ (Test Condition) เพื่อวางแผนและกำหนดลำดับการทดสอบไอซี ตัวอย่างเงื่อนไขการวัดดังแสดงในภาพที่ 3.3

Test Labels	TestMnbr	inbl	labSub	TestMntr	DialogDesc	FLowLim	PHighLim	QLowLim	QAHighLim	DFormat	Units	LoFBin	HFBin
	Test Number	inbl	labSub	TestMntr	Dialog Description	FT Low Limit	T High Limit	QA Low Limit	QA High Limit	Data Format	Units	Low Fail Bin	High Fail Bin
	integer			integer	character	double	double	double	double	double	character	character	character
Cont	1	0		0	Cont_PWM	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	1		1	Cont_VDD	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	2		2	Cont_ID	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	3		3	Cont_RT	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	4		4	Cont_CS	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	5		5	Cont_GT	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
	1	6		6	Cont_VIN	0.35	1	0.35	1	6.3	Y	15	16
Leakage	2	0		0	Leak_CS_H	0	0.9	0	1	6.2	uA	14	14
	2	1		1	Leak_ID_H	0	0.9	0	1	6.2	uA	14	14
	2	2		2	Leak_CS_L	0	0.9	0	1	6.2	uA	14	14
	2	3		3	Leak_ID_L	0	0.9	0	1	6.2	uA	14	14
BV_VIN	3	0		0	BV_VIN	475	500	470	500	6.1	V	5	5
	3	1		1	IvIn	0	25	0	30	6.2	uA	5	5
In	4	0		0	In_15V(ENABLE)	0.2	0.95	0.2	1	6.3	mA	5	5
	4	1		1	In_450V(ENABLE)	0.2	1.45	0.2	1.5	6.3	mA	5	5
	4	2		2	In_15V(DISABLE)	0.2	0.95	0.2	1	6.3	mA	5	5
VDDREG	5	0		0	REG15V_NL	7.3	7.7	7.25	7.75	6.3	V	9	9
	5	1		1	REG100V_NL	6.3	8.7	6.25	8.75	6.3	V	9	9
	5	2		2	REG450V_NL	6.3	8.7	6.25	8.75	6.3	V	9	9
	5	3		3	VddLine	-0.95	0.95	-1	1	6.3	V	9	9
	5	4		4	REG15_I=IA	6.3	8.7	6.25	8.75	6.3	V	9	9
	5	5		5	Vddload	-10	95	-10	100	6.2	mW	9	9
LWLO	6	0		0	VDD_ON	6.49	6.88	6.45	6.95	6.3	V	13	13
	6	1		1	VDD_OFF	5.575	6.825	5.55	6.85	6.3	V	13	13

ภาพที่ 3.3 การกำหนดลำดับการทดสอบไอซีในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

2. หลังจากเข้าใจการทำงานของไอซีแล้วผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเรียนรู้โปรแกรมทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เพื่อเปรียบเทียบกับการทำงานในแต่ละฟังก์ชันของไอซี ที่ได้ศึกษามาแล้วในเบื้องต้น และกำหนดเงื่อนไขการทดสอบสัญญาณและวัดสัญญาณต่างๆให้กับไอซีได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 3.1 การกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบไอซีเพื่อใช้ในการออกแบบโปรแกรมทดสอบไอซี

Test Number	Tets Functions	Test Conditions							
		VIN(ขา1)	CS(ขา2)	GND(ขา3)	GATE(ขา4)	PWM(D(ขา5)	VDD(ขา6)	LD(ขา7)	RT(ขา8)
1	Continuity	Force 200 mA & Vmeas							
2.1-2.2	Input pin leakage: CS; LD		Force 1V & Imeas	GND			Force 7.5V	Force 1V & Imeas	
2.3-2.4	Input pin leakage: CS; LD		Force 0V & Imeas	GND			Force 7.5V	Force 0V & Imeas	
3.1-3.2	BV Test	Force 5uA & Vmeas	Force 2V	GND			Force 10V		
4.1	I <sub>in</sub>	Force 15V & Imeas	GND	GND	500 pF	Vdd		Vdd	1 Mohm
4.2	I <sub>in</sub> (enable)	Force 450V & Imeas	Force 0.5V	GND	500 pF	Vdd		Vdd	1 Mohm
4.3	I <sub>in</sub> (disable)	Force 15V & Imeas	Force 0.5V	GND	500 pF	GND		Vdd	1 Mohm
5.1	VDD_REG_15v_NL+ Gate500pF (V1)	Force 15V	GND	GND	500 pF	Vdd	No load & Vmeas	Vdd	249 kohm
5.2	VDD_REG_100v_NL+ Gate500pF	Force 100V	GND	GND	500 pF	Vdd	No load & Vmeas	Vdd	249 kohm
5.3	VDD_REG_450v_NL+ Gate500pF (V2)	Force 450V	GND	GND	500 pF	Vdd	No load & Vmeas	Vdd	249 kohm
5.4	VDDLine (V2-V1)	VDDLine (V2-V1)							
5.5	VDD_REG_15v_NL+ Gate500pF (V3)	Force 15V	GND	GND	500pF load	Vdd	No load & Vmeas	Vdd	249 kohm
5.6	VDD_REG_15v_1mA+ Gate500pF (V4)	Force 15V	GND	GND	500pF load	Vdd	Force 1mA & Vmeas	Vdd	249 kohm
5.7	Vddload3 (V3-V4)	Vddload (V3-V4)							
6.1	UVHI (Vdd_on) ramp up Vdd		GND	GND	check(L->H)	Vdd	5.9V & up	Vdd	
6.2	UVLO (Vdd_off) ramp down Vdd		GND	GND	check(H->L)	Vdd	7.5V & down	Vdd	
6.3	UVhys=UVhi-UVlo	UVhys=UVhi-UVlo							
7.1	VEN(LO) at 15V	Force 15V	GND	GND	check	Force 1.02 V		Vdd	
7.2	VEN(LO) at 450V	Force 450V	GND	GND	check	Force 1.02 V		Vdd	
7.3	VEN(HI) at 15V	Force 15V	GND	GND	check	Force 2.38 V		Vdd	
7.4	VEN(HI) at 450V	Force 450V	GND	GND	check	Force 2.38 V		Vdd	
7.5	REN (REN = 5.0v / IEN)			GND		Force 5.0V & Imeas			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

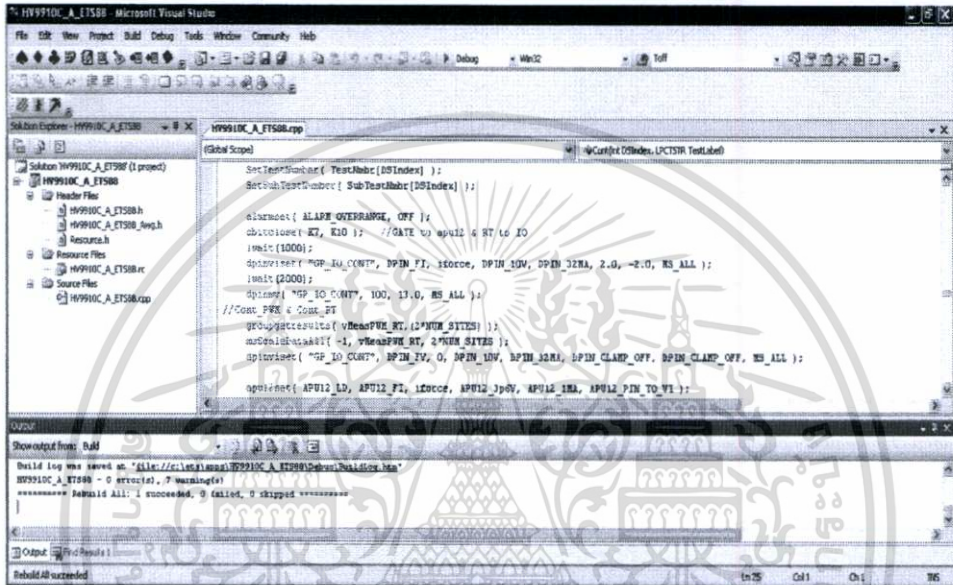
Test Number	Tets Functions	Test Conditions							
		VIN(ขา1)	CS(ขา2)	GND(ขา3)	GATE(ขา4)	PWM(ขา5)	VDD(ขา6)	LD(ขา7)	RT(ขา8)
8.2	VCS(LO): Ramp until Gate not switch (Vcs_lo=150mV)	Force 15V	Ramp from 120mV & 150nF//2M $\Omega$	GND	check(Max on time -> Min on time)	Vdd		0.15V & 40nF//10k $\Omega$ to GND	1 M $\Omega$
8.3	Tdelay (CS trip to Gate low)	Force 15V	switch 0 to VCS+50mV	GND	meas CS trip (0.15V) to GATE low (drop 10%)	Vdd		0.15V & 40nF//10k $\Omega$ to GND	
8.4	Tdelay2 (CS trip to Gate low)	Force 15V	switch 0 to VCS+50mV	GND	meas CS trip (Vcs) to GATE low (drop 10%)	Vdd		Vdd	
8.5	Tblank=Ton(min) - Tdelay	Force 15V	Vcs_th +50mV	GND	meas +ve (50% level) pulsewidth	Vdd		Vdd	1 M $\Omega$
9.1	Iddmax(Vdd = 12V)		Force 0.5V	GND	500pF	Vdd	Force 12V	Vdd	1 M $\Omega$
9.2	Vgate@Vdmax(Vdd = 12V)		GND	GND	500pF & Vmeas	Vdd	Force 12V	Vdd	1 M $\Omega$
9.3	Isouce at GATE(HI) (Iclamp=180mA)		GND	GND	Force 0V & Imeas	Vdd	Force 7.5V	Vdd	
9.4	Isink at VGATE(LO) (Iclamp=180mA)		GND	GND	Force 7.5V & Imeas	GND	Force 7.5V	Vdd	
10.1	Out Freq_LO	Force 15V	Force 1V & 150nF//2M $\Omega$ to GND	GND	check period with 500pF load	Vdd		Vdd	1 M $\Omega$
10.2	Out Freq_HI	Force 15V	Force 1V & 150nF//2M $\Omega$ to GND	GND	check period with 500pF load	Vdd		Vdd	249 K $\Omega$
	Rise time @ Gate		Force 1V & 150nF//2M $\Omega$ to GND	GND	500pF & meas Tr (10% to 90%)	Vdd	Force 7.5V	Vdd	1 M $\Omega$
	Fall time @ Gate		switch 0V to 1V & 150nF//2M $\Omega$ to GND	GND	500pF & meas Tf (90% to 10%)	Vdd	Force 7.5V	Vdd	1 M $\Omega$
11.1-11.2	Input pin leakage: CS; LD		Force 1V & Imeas	GND			Force 7.5V	Force 1V & Imeas	
11.3-11.4	Input pin leakage: CS; LD		Force 0V & Imeas	GND			Force 7.5V	Force 0V & Imeas	
12	Continuity	Force 200 mA & Vmeas							

#### 3.3.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์

1. การพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จะต้องทำการศึกษาข้อมูลและฟังก์ชันการใช้งานของเครื่องทดสอบไอซี รวมไปถึงคำสั่งต่างๆที่จะใช้งานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาฮาร์ดแวร์ (DUT Equipment) และแหล่งจ่ายสัญญาณในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เพื่อกำหนดการจ่ายสัญญาณอินพุตและ กำหนดการวัดสัญญาณเอาต์พุตได้ตรงกันระหว่างบอร์ดต่างๆในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
3. กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการจ่ายสัญญาณอินพุต (Resource) และวัดสัญญาณเอาต์พุตให้เหมาะสม
4. พัฒนาโปรแกรมทดสอบ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision และใช้กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ Eagle Test System Confidential Proprietary Rev.9



ภาพที่ 3.4 การพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

5. ดับเบิลบอร์ด และดับเบิลซอฟต์แวร์ โดยจะทำการวัดสัญญาณต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นต้นโดยใช้เครื่องมือวัดทำการวัดสัญญาณทั้งอินพุตและเอาต์พุตผ่านทางอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เพื่อให้มั่นใจในอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และคำสั่งที่เขียนในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

#### 3.4.1 ทดสอบโปรแกรมที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และแบบ ETS88

การใช้ไอซีขับ LED คุณภาพดีเป็นต้นแบบจำนวนทั้งสิ้น 4 ตัว ทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัด โดยใช้ค่าที่วัดได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เป็นเกณฑ์ และค่าที่ได้จากระบบการทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จะต้องมีความต่างไม่เกินร้อยละ 10 ตามมาตรฐานการยอมรับของอุตสาหกรรมผลิตไอซี

การวิเคราะห์ค่าร้อยละความต่าง

$$\pm \frac{ETS88_{(value)} - TMT_{(value)}}{TMT_{(value)}} \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ETS88<sub>(value)</sub> หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

TMT<sub>(value)</sub> หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

ทำการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างในเทสฟังก์ชันย่อยเพื่อหาฟังก์ชันที่มีปัญหา โดยผลการทดสอบจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จะต้องไม่เกินร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ซึ่งผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.2

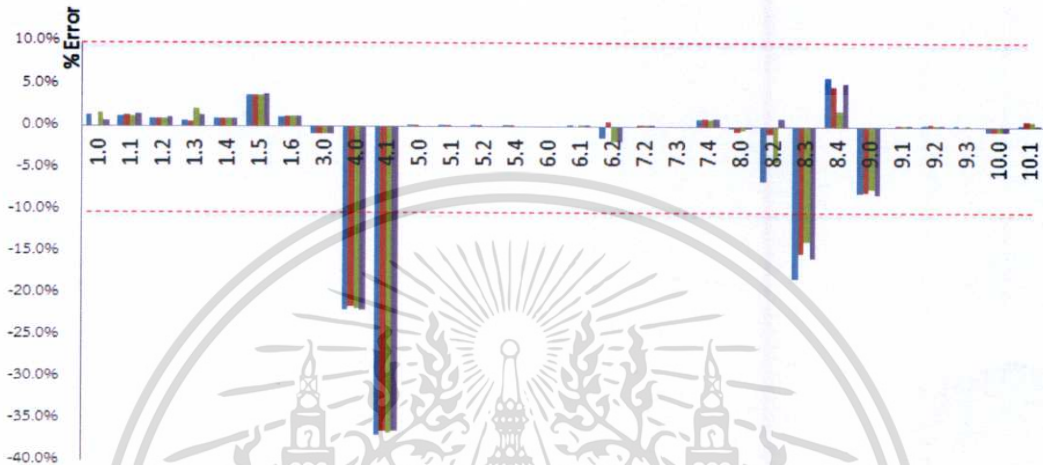
ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างในเทสฟังก์ชันย่อย

No.	Test Functions	L	H	Site#	TMT				Eagle				TMT vs Eagle %				หมายเหตุ
					1	1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	4	
					Serial#	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
1.0	Cont_PWM	0.35	1 V		0.6521	0.6508	0.6507	0.6503	0.660719	0.650652	0.661362	0.654679	1.3%	0.0%	1.6%	0.7%	
1.1	Cont_VDD	0.35	1 V		0.4736	0.473	0.4731	0.473	0.479297	0.479139	0.479066	0.479975	1.2%	1.3%	1.3%	1.5%	
1.2	Cont_LD	0.35	1 V		0.6589	0.6581	0.6576	0.6574	0.664823	0.664332	0.664089	0.66426	0.9%	0.9%	1.0%	1.0%	
1.3	Cont_RT	0.35	1 V		0.661	0.6598	0.6593	0.6589	0.665577	0.663252	0.672951	0.667821	0.7%	0.5%	2.1%	1.4%	
1.4	Cont_CS	0.35	1 V		0.6521	0.6507	0.651	0.6505	0.657942	0.656867	0.657203	0.657066	0.9%	0.9%	1.0%	1.0%	
1.5	Cont_GT	0.35	1 V		0.615	0.6146	0.6148	0.6146	0.637756	0.637504	0.637905	0.637937	3.7%	3.7%	3.8%	3.8%	
1.6	Cont_VIN	0.35	1 V		0.5145	0.5138	0.514	0.5137	0.519822	0.519933	0.520046	0.520053	1.0%	1.2%	1.2%	1.2%	
2.0	Leak_CS_H	0	0.9 uA		0.0013	0.0029	0.0029	0.0048	0.031167	0.034556	0.033354	0.032365	2297.5%	1091.6%	1050.2%	574.3%	Small current measurement
2.1	Leak_LD_H	0	0.9 uA		0.0014	0.0036	0.0018	0.0016	0.008384	0.008351	0.008461	0.007661	498.9%	132.0%	370.0%	378.8%	
2.2	Leak_CS_L	0	0.9 uA		0.0083	0.0008	0.0015	0.002	0.02277	0.015832	0.019016	0.01624	174.3%	1879.0%	1167.7%	712.0%	
2.3	Leak_LD_L	0	0.9 uA		0.0023	0.0058	0.0006	0.0036	0.004677	0.009111	0.002105	0.00569	103.4%	57.1%	250.9%	58.0%	
3.0	BV_VIN	475	500 v		494.221	494.2713	494.2713	494.2713	489.921	489.9103	490.1661	489.7773	-0.9%	-0.9%	-0.8%	-0.9%	
4.0	Iin_15V(ENABLE)	0.2	0.95 mA		0.3961	0.4022	0.395	0.3982	0.309149	0.315533	0.308874	0.310975	-22.0%	-21.5%	-21.8%	-21.9%	Bench
4.1	Iin_450V(ENABLE)	0.2	1.45 mA		0.7848	0.7847	0.784	0.7799	0.495912	0.499347	0.497471	0.496381	-36.8%	-36.4%	-36.5%	-36.4%	
4.2	Iin_15V(DISABLE)	0.2	0.95 mA		0.2367	0.2877	0.2372	0.2428	0.22979	0.234132	0.229843	0.231247	-2.9%	-18.6%	-3.1%	-4.8%	Small
5.0	REG15V_NL	7.3	7.7 mA		7.4066	7.4838	7.4513	7.4863	7.407814	7.485523	7.45006	7.484457	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
5.1	REG100V_NL	6.3	8.7 V		7.4063	7.4839	7.4511	7.4863	7.407927	7.485416	7.450004	7.484463	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
5.2	REG450V_NL	6.3	8.7 V		7.4084	7.4856	7.453	7.4879	7.409278	7.487049	7.451816	7.486362	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
5.3	VddLine	-0.95	0.95 V		0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.001464	0.001527	0.001755	0.001905	-18.6%	-15.2%	3.3%	12.1%	Small
5.4	REG15_1mA	6.3	8.7 V		7.4011	7.4778	7.4455	7.4804	7.402172	7.480001	7.44456	7.479146	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
5.5	VddLoad	-10	95 mV		5.8618	6.0701	5.8446	6.022	5.641578	5.521201	5.500095	5.310037	-3.8%	-9.0%	-5.9%	-11.8%	Small
6.0	VDD_ON	6.49	6.88 V		6.66	6.66	6.66	6.56	6.59	6.657652	6.55316	6.581293	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	
6.1	VDD_OFF	5.575	6.825 V		6.15	6.16	6.06	6.09	6.154669	6.154669	6.062239	6.090366	0.1%	-0.1%	0.1%	0.0%	
6.2	UVVHS	230	770 mV		510.0484	500.0482	500.0482	500.0482	502.9835	502.9835	490.9267	490.9267	-1.4%	0.6%	-1.8%	-1.8%	
7.0	ENL_VIN15V	0	0.275 V		0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.000198	0.000414	0.000346	0.000232	-34.1%	106.8%	73.1%	131.6%	Small voltage
7.1	ENL_VIN450V	0	0.275 V		0	0.0002	0.0003	0.0002	7.27E-05	0.000257	0.000502	0.000357	#DIV/0!	28.6%	67.4%	78.3%	
7.2	ENH_VIN15V	6.75	7.95 V		7.408	7.4857	7.4527	7.4875	7.405285	7.486564	7.452836	7.487648	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
7.3	ENH_VIN450V	6.75	9.45 V		7.4101	7.4877	7.4555	7.4899	7.406129	7.487596	7.454429	7.488991	-0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	
7.4	REN_PWM5V	52.5	143 Kohm		101.7715	101.7482	103.433	103.0339	102.547	102.7697	104.2832	104.0071	0.8%	1.0%	0.8%	0.9%	
8.0	Vcs_H	233	270 mV		249.0001	248.0001	241	249.0001	248.2869	246.5357	239.935	248.3362	-0.3%	-0.6%	-0.4%	-0.3%	
8.1	Vcs_L	-9	10 mV		5.4996	0.9997	5.4996	-0.5003	5.492474	0.715925	5.385936	-0.45082	-0.1%	-28.4%	-2.1%	-9.9%	Small
8.2	Tdelay	20	140 ns		68.9179	66.4367	70.1849	67.1116	64.39171	65.81369	67.14517	67.76146	-6.6%	-0.9%	-4.3%	1.0%	
8.3	Tdelay2	20	140 ns		84.6792	83.4898	83.3228	84.766	69.29887	70.78739	71.81485	71.45293	-18.2%	-15.2%	-13.8%	-15.7%	Bench
8.4	Tblank	158	267 ns		227.756	231.0965	237.5587	235.4394	241.0598	242.0343	241.8379	247.4486	5.8%	4.7%	1.8%	5.1%	
9.0	IddMax	0.3	1.85 mA		0.7988	0.804	0.7883	0.7883	0.735551	0.740431	0.729634	0.72411	-7.9%	-7.9%	-7.4%	-8.1%	
9.1	Vgate_VddMax	10.75	12.1 V		11.9965	11.9966	11.9965	11.9966	11.99022	12.00909	11.99986	12.00292	-0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	
9.2	Gate_Isrc	167.5	200 mA		179.5832	179.6029	179.6088	179.5839	179.9754	180.1187	180.0023	179.9369	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	
9.3	Gate_Isnk	167.5	200 mA		179.9558	179.9591	179.9552	179.9506	180.1961	179.9395	180.0174	179.9419	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	
10.0	Osc_Freq_L	20.3	29.7 KHz		23.9451	23.4023	24.0733	23.1633	23.80179	23.25006	23.91272	23.00309	-0.6%	-0.7%	-0.7%	-0.7%	
10.1	Osc_Freq_H	81	119 KHz		93.3813	92.3673	93.6655	92.2667	93.5397	93.0139	94.16478	92.44318	0.2%	0.7%	0.5%	0.2%	
11.0	Leak_CS_H	0	0.9 uA		0.0012	0.0026	0.0019	0.0037	0.026547	0.027505	0.025308	0.027864	2112.3%	957.9%	1232.0%	653.1%	Small current measurement
11.1	Leak_LD_H	0	0.9 uA		0.0065	0.0047	0.0019	0.0079	0.000604	0.005205	0.001981	0.003545	-90.7%	10.7%	4.2%	-55.1%	
11.2	Leak_CS_L	0	0.9 uA		0.006	0.0039	0.001	0.0024	0.017491	0.017561	0.016377	0.016633	191.5%	350.3%	1537.7%	593.1%	
11.3	Leak_LD_L	0	0.9 uA		0.0022	0.0005	0.0019	0.0039	0.01928	0.017613	0.020249	0.023812	776.3%	3422.7%	965.7%	510.6%	
12.0	Cont_PWM	0.35	1 V		0.6507	0.6497	0.6491	0.6491	0.657608	0.647381	0.658088	0.653044	1.1%	-0.4%	1.4%	0.6%	
12.1	Cont_VDD	0.35	1 V		0.4715	0.4712	0.471	0.4709	0.476907	0.476762	0.476718	0.477601	1.1%	1.2%	1.2%	1.4%	
12.2	Cont_LD	0.35	1 V		0.6579	0.6564	0.6563	0.656	0.663134	0.662518	0.662515	0.662498	0.8%	0.9%	0.9%	1.0%	
12.3	Cont_RT	0.35	1 V		0.6598	0.6587	0.6582	0.6579	0.660878	0.663556	0.670138	0.66513	0.2%	0.7%	1.8%	1.1%	
12.4	Cont_CS	0.35	1 V		0.6508	0.6497	0.6497	0.6492	0.65624	0.654916	0.655454	0.655304	0.8%	0.8%	0.9%	0.9%	
12.5	Cont_GT	0.35	1 V		0.6138	0.6132	0.6135	0.6134	0.636017	0.635666	0.636094	0.636088	3.6%	3.7%	3.7%	3.7%	
12.6	Cont_VIN	0.35	1 V		0.5127	0.5125	0.5124	0.512	0.517633	0.517682	0.517747	0.51788	1.0%	1.0%	1.0%	1.1%	

\*ยกเว้นการพิจารณาในฟังก์ชันการทดสอบที่มีค่าพารามิเตอร์ขนาดเล็ก

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบไอซี 4 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบค่าร้อยละความแตกต่างของทั้งสองเครื่องทดสอบ สรุปได้ว่ามี 3 เทสฟังก์ชันมีค่าร้อยละความแตกต่างของทั้งสองเครื่องทดสอบเกินร้อยละ 10 โดยแสดงรายละเอียดความต่างกันดังภาพที่ 3.5 และตารางที่ 3.3

1. เทสฟังก์ชันที่ 4.0 lin\_15V(ENABLE)
2. เทสฟังก์ชันที่ 4.1 lin\_450V(ENABLE)
3. เทสฟังก์ชันที่ 8.3 Tdelay2



ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์การเปรียบเทียบวิเคราะห์หาค่าความแตกต่าง

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์เทสฟังก์ชันมีค่าร้อยละความแตกต่างของทั้งสองเครื่องทดสอบเกินที่กำหนด

Test number	Test Functions	Lower limit	Upper limit	Site#	TMT				Eagle				TMT vs Eagle %			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4.0	lin_15V(ENABLE)	0.2	0.95	mA	0.3961	0.4022	0.395	0.3982	0.3091	0.3155	0.3089	0.311	-22.0%	-21.5%	-21.8%	-21.9%
4.1	in_450V(ENABLE)	0.2	1.45	mA	0.7848	0.7847	0.784	0.7799	0.4959	0.4993	0.4975	0.4964	-36.8%	-36.4%	-36.5%	-36.4%
8.3	Tdelay2	20	140	ns	84.679	83.49	83.323	84.766	69.299	70.787	71.815	71.453	-18.2%	-15.2%	-13.8%	-15.7%

#### 3.4.2 เบนซ์เทส (Bench Test)

ในกรณีที่ฟังก์ชันใดฟังก์ชันหนึ่งมีค่าความต่างกันของทั้งสองเครื่องทดสอบมากเกินไปกว่าร้อยละ 10 จะทำการเบนซ์เทสในฟังก์ชันนั้นๆ และจะใช้ค่าที่ได้จากการเบนซ์เทสเป็นเกณฑ์ในการวัดของทั้งสองเครื่องทดสอบไอซี ในการเบนซ์เทสครั้งนี้ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างเดิม คือไอซีคุณภาพดีจำนวน 4 ตัว ทำการเบนซ์เทสใน 3 ฟังก์ชันโดยมีเงื่อนไขการเบนซ์เทสดังตารางที่ 3.4

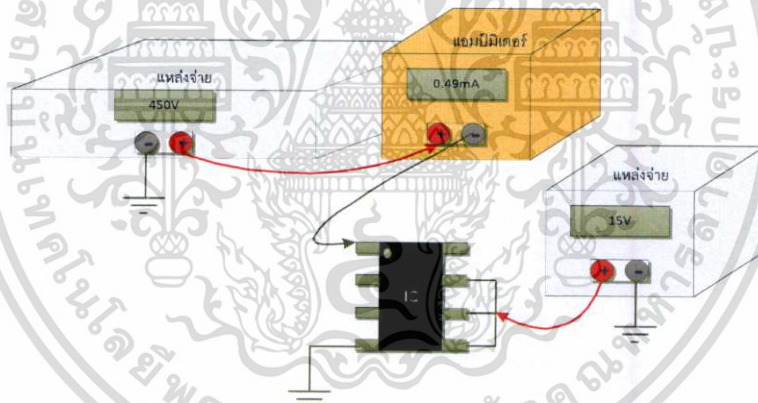
### ตารางที่ 3.4 การกำหนดเงื่อนไขในการเบนซ์เทส

Test Number	Tets Functions	Test Conditions							
		VIN(ขา1)	CS(ขา2)	GND(ขา3)	GATE(ขา4)	PWMD(ขา5)	VDD(ขา6)	LD(ขา7)	RT(ขา8)
4.1	I <sub>in</sub> (enable)	Force 15V & I <sub>meas</sub>	GND	GND	500 pF	V <sub>dd</sub>		V <sub>dd</sub>	1 Mohm
4.2	I <sub>in</sub> (enable)	Force 450V & I <sub>meas</sub>	Force 0.5V	GND	500 pF	V <sub>dd</sub>		V <sub>dd</sub>	1 Mohm
8.4	T <sub>delay2</sub> (CS trip to Gate low)	Force 15V	switch 0 to VCS+50mV	GND	meas CS trip (Vcs) to GATE low (drop 10%)	V <sub>dd</sub>		V <sub>dd</sub>	

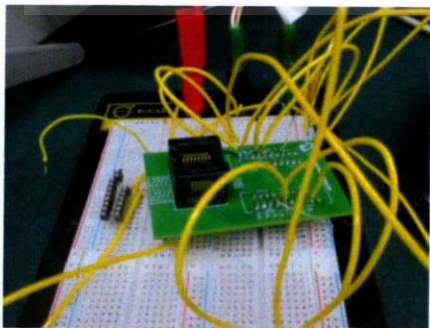
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเบนซ์มีดังต่อไปนี้

1. แหล่งจ่ายสัญญาณ
2. โวลต์มิเตอร์
3. แอมป์มิเตอร์
4. Socket IC
5. สายไฟจัมเปอร์

โดยมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์การเบนซ์เทสดังภาพที่ 3.6 และภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์การเบนซ์เทส



ภาพที่ 3.7 การตั้งค่าเพื่อทำการเบนซ์เทส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ คือเบนซ์เทสให้ค่าใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มากกว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ซึ่งหมายความว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ทดสอบไอซีได้ถูกต้องกว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังแสดงตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เทียบกับเบนซ์เทส

Test number	Test Functions	Lower limit	Upper limit		Eagle				Bench				ETS vs Bench				
					Site#	1	2	3	4	Bench				ETS vs Bench			
					Serial#	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4.0	lin_15V(ENABLE)	0.2	0.95	mA	0.3091	0.3155	0.3089	0.311	0.31	0.31	0.31	0.31	-1.0%	-1.1%	-1.3%	-1.0%	
4.1	lin_450V(ENABLE)	0.2	1.45	mA	0.4959	0.4993	0.4975	0.4964	0.49	0.5	0.49	0.5	-1.0%	-0.3%	-1.1%	-0.3%	
8.3	Tdelay2	20	140	ns	69.299	70.787	71.815	71.453	62	63.2	62.4	64.8	-9.1%	-9.7%	-8.9%	-9.3%	

### 3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การดำเนินการเก็บประกอบไปด้วยขั้นตอน 3 ส่วน คือส่วนแรกการทดสอบเสถียรภาพ เพื่อวัดความมีเสถียรภาพในระบบการทดสอบไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ผู้วิจัยจึงนำไอซีคุณภาพดีเป็นต้นแบบจำนวนทั้งสิ้น 4 ตัว ทดสอบซ้ำและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนที่สองการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดีจำนวนทั้งสิ้น 40 ตัวเพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการทดสอบไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และส่วนสุดท้ายการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 1,999 ตัวเพื่อจำลองการทำงานเสมือนจริงทั้งระบบทดสอบไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ทั้งระบบ ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ผังงานการทดลองและเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.1 การทดสอบเสถียรภาพ

การใช้ไอซี LED Driver คุณภาพดีเป็นต้นแบบจำนวนทั้งสิ้น 4 ตัว เพื่อทดสอบเสถียรภาพของระบบการทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยทดสอบไอซีซ้ำเป็นจำนวน 30 ครั้ง และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสมการดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum$	หมายถึง ผลรวม
	$X$	หมายถึง คะแนนแต่ละฟังก์ชัน
	$\bar{X}$	หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย
	$N$	หมายถึง จำนวนของการทดสอบ

2. ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการมีสมการดังนี้

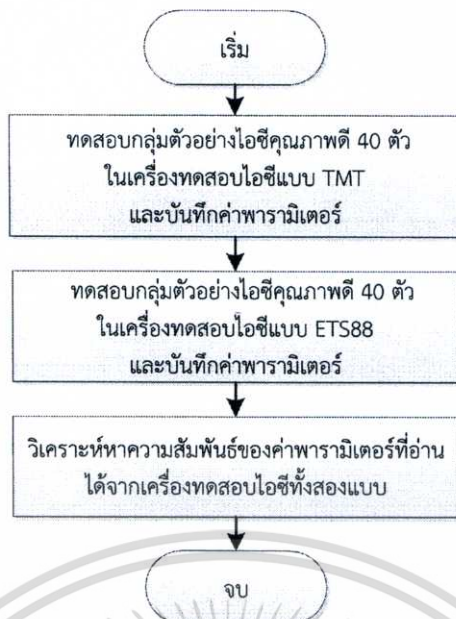
$$CPK = \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}}, \frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}}$$

เมื่อ	USL	หมายถึง Upper specification limit
	LSL	หมายถึง Lower specification limit
	$\bar{X}$	หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย
	$\hat{\sigma}$	หมายถึง standard deviation

### 3.4.2 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี

การใช้ไอซีคุณภาพดีเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 40 ตัว โดยแบ่งเป็นสองการทดสอบ ในขั้นแรกจะนำไอซีคุณภาพดีทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้ของไอซีแต่ละตัว จากนั้นนำไอซีคุณภาพดีชุดเดิมทดสอบอีกครั้งที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้ของไอซีแต่ละตัว เพื่อเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ในแต่ละฟังก์ชันการทดสอบในไอซีแต่ละตัว วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีทั้งสองแบบ เพื่อยืนยันผลการวัดค่าพารามิเตอร์ในระบบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ซึ่งผู้วิจัยจะแสดงผลการทดสอบด้วยกราฟเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างในฟังก์ชันการทดสอบย่อย ดังภาพที่ 3.9

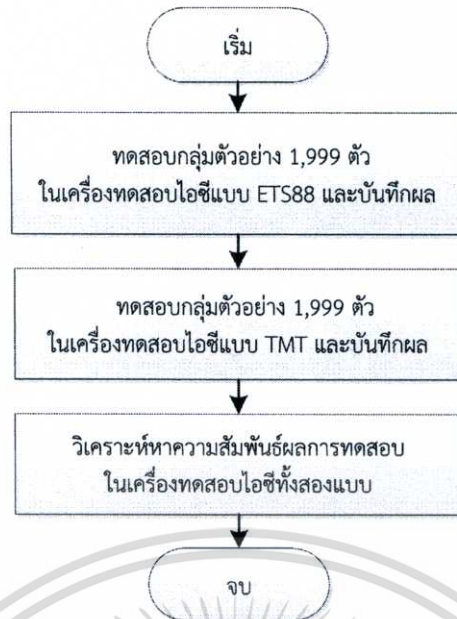
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 ผังงานการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี

### 3.4.3 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ

การใช้ไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ คือกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 1,999 ตัว โดยแบ่งเป็นสองการทดสอบ ในขั้นแรกจะนำไอซีกลุ่มตัวอย่างทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และบันทึกผลการทดสอบไอซีกลุ่มตัวอย่างและแยกจำนวนไอซีดีและไอซีเสียออกจากกัน เพื่อวิเคราะห์ผลในไอซีที่เสีย จะต้องบันทึกผลการทดสอบในไอซีที่เสียอย่างละเอียด จากนั้นนำไอซีคุณภาพดีชุดเดิมทดสอบอีกครั้งที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และบันทึกผลการทดสอบไอซีกลุ่มตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบในไอซีที่เสีย และจะต้องบันทึกผลการทดสอบในไอซีที่เสียอย่างละเอียดเพื่อเปรียบเทียบจำนวนไอซีที่ทดสอบผ่านหรือไอซีดี และไอซีที่ไม่ผ่านการทดสอบหรือไอซีเสีย จากเครื่องทดสอบไอซีทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ผังงานการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 ซึ่งได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินวิจัยในขั้นตอนต่างๆ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์ โดยมีผลการทดลองและขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 การทดสอบเสถียรภาพ

4.2 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี

4.3 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ

### 4.1 การทดสอบเสถียรภาพ

การทดสอบเสถียรภาพ 30 รอบ เป็นการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความแม่นยำของการวัดค่าในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยจะใช้ไอซีคุณภาพดีเป็นต้นแบบจำนวนทั้งสิ้น 4 ตัว ทำการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 30 ครั้ง เพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีสมมติฐานว่าค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีค่า 1.33 ขึ้นไป จึงจะทำให้ระบบการทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อยู่ในระดับดี ซึ่งผลการทดสอบเสถียรภาพของระบบได้ผลดังนี้

4.1.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดสอบไอซีจำนวน 4 ตัว โดยทดสอบซ้ำพร้อมกันทั้งสิ้นตัว เป็นจำนวน 30 ครั้ง และบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้ในแต่ละฟังก์ชันการทดสอบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สมการค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทุกฟังก์ชันการทดสอบ จะอยู่ในช่วง 0 – 0.677 ดังตารางที่ 4.1 พบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งมีการกระจายตัวของค่าพารามิเตอร์น้อย แสดงว่าการวัดค่าพารามิเตอร์ของไอซีทั้ง 4 ตัว ใน 30 ครั้งจะได้ค่าใกล้เคียงกันทุกครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 สามารถวัดและอ่านค่าพารามิเตอร์ไอซีได้อย่างแม่นยำและมีเสถียรภาพ

ตารางที่ 4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละฟังก์ชันการทดสอบ

30 times loop test			Site1: No.1	Site2: No.2	Site3: No.3	Site4: No.4
Test	Test Name	UNIT	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
1.0	Cont_PWM	V	0.00169	0.00143	0.00100	0.00088
1.1	Cont_VDD	V	0.00075	0.00076	0.00074	0.00076
1.2	Cont_LD	V	0.00066	0.00064	0.00066	0.00065
1.3	Cont_RT	V	0.00134	0.00171	0.00080	0.00094
1.4	Cont_CS	V	0.00069	0.00067	0.00064	0.00064
1.5	Cont_GT	V	0.00069	0.00069	0.00066	0.00067
1.6	Cont_VIN	V	0.00073	0.00071	0.00070	0.00071
2.0	Leak_CS_H	uA	0.00292	0.00234	0.00252	0.00214
2.1	Leak_LD_H	uA	0.00171	0.00046	0.00087	0.00062
2.2	Leak_CS_L	uA	0.00293	0.00188	0.00183	0.00185
2.3	Leak_LD_L	uA	0.00143	0.00061	0.00074	0.00063
3.0	BV_VIN	V	0.00352	0.00324	0.00405	0.00371
3.1	Ivin	uA	0.00250	0.00250	0.00184	0.00213
4.0	Iin_15V(ENABLE)	mA	0.00024	0.00020	0.00024	0.00015
4.1	Iin_450V(ENABLE)	mA	0.00035	0.00028	0.00036	0.00027
4.2	Iin_15V(DISABLE)	mA	0.00020	0.00021	0.00017	0.00020
5.0	REG15V_NL	V	0.00028	0.00009	0.00016	0.00013
5.1	REG100V_NL	V	0.00030	0.00008	0.00016	0.00013
5.2	REG450V_NL	V	0.00026	0.00007	0.00018	0.00013
5.3	VddLine	V	0.00024	0.00011	0.00008	0.00018
5.4	REG15_1mA	V	0.00029	0.00007	0.00018	0.00012
5.5	VddLoad	mV	0.22795	0.10712	0.08274	0.10455
6.0	VDD_ON	V	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
6.1	VDD_OFF	V	0.00068	0.00000	0.00000	0.00000
6.2	UVHYS	mV	0.67731	0.00000	0.00000	0.00000
7.0	ENL_VIN15V	V	0.00021	0.00009	0.00007	0.00014
7.1	ENL_VIN450V	V	0.00014	0.00009	0.00007	0.00012
7.2	ENH_VIN15V	V	0.00032	0.00011	0.00018	0.00025
7.3	ENH_VIN450V	V	0.00024	0.00012	0.00019	0.00023
7.4	REN_PWM5V	Kohm	0.07998	0.07170	0.04190	0.04633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ตารางที่ 4.1(ต่อ)

30 times loop test			Site1: No.1	Site2: No.2	Site3: No.3	Site4: No.4
Test	Test Name	UNIT	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
8.1	Vcs_L	mV	0.17518	0.34023	0.14320	0.08468
8.2	Tdelay	nS	0.34382	0.31603	0.32561	0.23755
8.3	Tdelay2	nS	0.36321	0.36908	0.33734	0.19621
8.4	Tblank	nS	0.46155	0.33363	0.37720	0.34105
9.0	IddMax	mA	0.00066	0.00058	0.00038	0.00048
9.1	Vgate_VddMax	V	0.00058	0.00020	0.00022	0.00034
9.2	Gate_Isrc	mA	0.00398	0.00234	0.00234	0.00286
9.3	Gate_Isnk	mA	0.00385	0.00274	0.00287	0.00307
10.0	Osc_Freq_L	KHz	0.00108	0.00078	0.00160	0.00083
10.1	Osc_Freq_H	KHz	0.00200	0.00278	0.00401	0.00230
11.0	Leak_CS_H	uA	0.00277	0.00240	0.00225	0.00218
11.1	Leak_LD_H	uA	0.00150	0.00063	0.00096	0.00062
11.2	Leak_CS_L	uA	0.00270	0.00258	0.00204	0.00209
11.3	Leak_LD_L	uA	0.00156	0.00048	0.00091	0.00062
12.0	Cont_PWM	V	0.00144	0.00100	0.00103	0.00078
12.1	Cont_VDD	V	0.00060	0.00057	0.00055	0.00054
12.2	Cont_LD	V	0.00048	0.00047	0.00044	0.00045
12.3	Cont_RT	V	0.00154	0.00137	0.00076	0.00090
12.4	Cont_CS	V	0.00049	0.00047	0.00046	0.00047
12.5	Cont_GT	V	0.00048	0.00048	0.00048	0.00050
12.6	Cont_VIN	V	0.00054	0.00053	0.00051	0.00052

#### 4.1.2 ค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการ

การหาค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการ โดยการทดสอบไอซี 4 ตัวซ้ำเป็นจำนวน 30 ครั้งและบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้ในแต่ละฟังก์ชันการทดสอบ โดยค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการที่คำนวณได้ทุกฟังก์ชันการทดสอบมีค่ามากกว่า 1.33 ดังตารางที่ 4.2 แสดงว่าระบบการทดสอบไอซีอยู่ในระดับดี ซึ่งเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 สามารถวัดและอ่านค่าพารามิเตอร์ไอซีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการแต่ละฟังก์ชันของการทดสอบ

30 times loop test			Site1: No.1	Site2: No.2	Site3: No.3	Site4: No.4	หมายเหตุ
Test	Test Name	UNIT	CPK	CPK	CPK	S.D.	
1.0	Cont_PWM	V	60.443	69.772	103.253	115.645	
1.1	Cont_VDD	V	56.406	56.069	57.755	56.312	
1.2	Cont_LD	V	157.635	162.918	157.336	160.066	
1.3	Cont_RT	V	78.339	60.943	133.132	111.458	
1.4	Cont_CS	V	148.578	151.491	160.219	158.429	
1.5	Cont_GT	V	137.751	138.098	145.153	143.340	
1.6	Cont_VIN	V	76.645	79.406	79.770	79.355	
2.0	Leak_CS_H	uA	3.597	4.594	5.745	5.496	
2.1	Leak_LD_H	uA	1.717	7.187	4.245	4.727	
2.2	Leak_CS_L	uA	1.998	3.080	3.511	2.769	
2.3	Leak_LD_L	uA	1.541	3.778	2.608	3.920	
3.0	BV_VIN	V	953.975	1039.292	809.427	917.829	
3.1	Ivin	uA	35.659	44.515	44.254	32.514	
4.0	Iin_15V(ENABLE)	mA	151.928	193.716	149.007	245.531	
4.1	Iin_450V(ENABLE)	mA	286.657	355.099	276.720	371.948	
4.2	Iin_15V(DISABLE)	mA	49.593	54.847	58.335	53.743	
5.0	REG15V_NL	V	127.775	671.966	310.311	477.069	
5.1	REG100V_NL	V	1235.535	4787.336	2328.382	3021.679	
5.2	REG450V_NL	V	1416.630	5561.509	2138.136	3056.390	
5.3	VddLine	V	1317.510	2877.419	4186.851	1725.835	
5.4	REG15_1mA	V	1287.434	5284.707	2134.017	3257.366	
5.5	VddLoad	mV	22.858	48.647	62.567	49.313	
6.0	VDD_ON	V	∞	∞	∞	∞	
6.1	VDD_OFF	V	285.340	∞	∞	∞	
6.2	UVHYS	mV	131.471	∞	∞	∞	
7.0	ENL_VIN15V	V	0.385	1.602	1.899	0.570	ค่าใกล้ศูนย์
7.1	ENL_VIN450V	V	0.318	1.426	1.824	0.641	ค่าใกล้ศูนย์
7.2	ENH_VIN15V	V	575.530	1370.417	910.988	625.684	
7.3	ENH_VIN450V	V	901.223	2047.147	1262.016	1083.885	
7.4	REN_PWM5V	Kohm	168.606	187.042	308.572	281.365	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

30 times loop test			Site1: No.1	Site2: No.2	Site3: No.3	Site4: No.4	หมายเหตุ
Test	Test Name	UNIT	CPK	CPK	CPK	S.D.	
8.1	Vcs_L	mV	8.433	9.120	10.781	34.303	
8.2	Tdelay	nS	43.091	48.254	48.380	66.852	
8.3	Tdelay2	nS	45.064	45.156	51.058	87.615	
8.4	Tblank	nS	32.172	46.664	40.944	49.618	
9.0	IddMax	mA	218.900	251.257	373.046	290.513	
9.1	Vgate_VddMax	V	63.567	148.357	155.079	95.026	
9.2	Gate_Isrc	mA	1045.788	1796.842	1782.138	1451.118	
9.3	Gate_Isnk	mA	1100.173	1511.563	1454.809	1348.626	
10.0	Osc_Freq_L	KHz	1076.429	1257.079	753.587	1079.385	
10.1	Osc_Freq_H	KHz	2088.415	1437.607	1094.290	1656.681	
11.0	Leak_CS_H	uA	3.993	3.738	5.502	4.834	
11.1	Leak_LD_H	uA	0.650	1.185	0.877	2.137	ค่าใกล้ศูนย์
11.2	Leak_CS_L	uA	2.299	2.312	3.435	2.685	
11.3	Leak_LD_L	uA	3.946	13.730	7.202	12.590	
12.0	Cont_PWM	V	70.790	99.302	99.319	130.122	
12.1	Cont_VDD	V	69.720	73.300	76.413	77.921	
12.2	Cont_LD	V	216.681	218.768	233.786	232.280	
12.3	Cont_RT	V	67.643	75.745	140.722	116.378	
12.4	Cont_CS	V	207.922	214.999	219.373	216.716	
12.5	Cont_GT	V	196.707	196.498	197.310	188.312	
12.6	Cont_VIN	V	103.093	104.569	107.923	107.753	

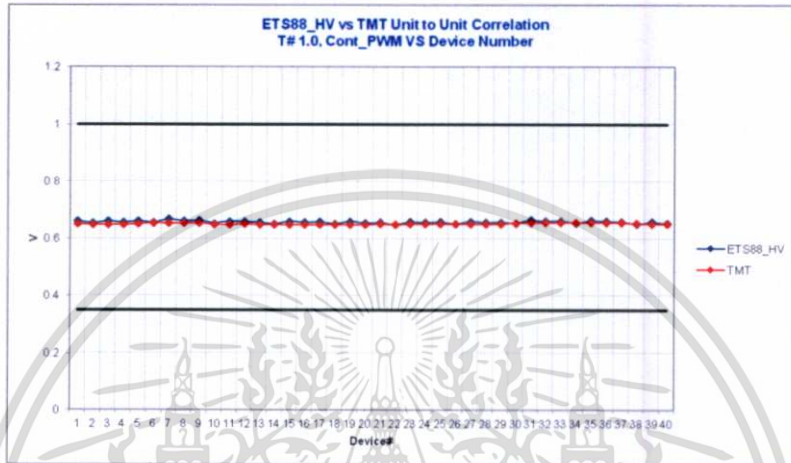
## 4.2 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี

การใช้ไอซีคุณภาพดีเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 40 ตัวทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และบันทึกค่าพารามิเตอร์แต่ละฟังก์ชันการทดสอบในไอซีแต่ละตัวโดยเรียงลำดับตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 40 จากนั้นนำไอซีกลุ่มตัวอย่างเดิมจำนวน 40 ตัว ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และบันทึกค่าพารามิเตอร์ในแต่ละฟังก์ชันที่ทดสอบแต่ละตัวและเรียงลำดับตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 40 เช่นกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้ในแต่ละฟังก์ชันของการทดสอบที่วัดได้จากเครื่องทดสอบทั้งสองแบบ แสดงผลการทดสอบด้วยกราฟเปรียบเทียบในฟังก์ชันการทดสอบย่อภาพ ซึ่งจากการทดสอบกับไอซีกลุ่มตัวอย่างทั้ง 40 ตัว ให้ผลการทดสอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1 ฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างไดแพ็ทกับขาไอซี (Continuity)

การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างไดแพ็ทกับขาไอซี PWM, VDD, LD, RT, CS, GT และ VIN โดยมีขีดสูงสุด 1 โวลต์ และขีดต่ำสุด 0.35 โวลต์ ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงกันมากทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.1 - 4.7



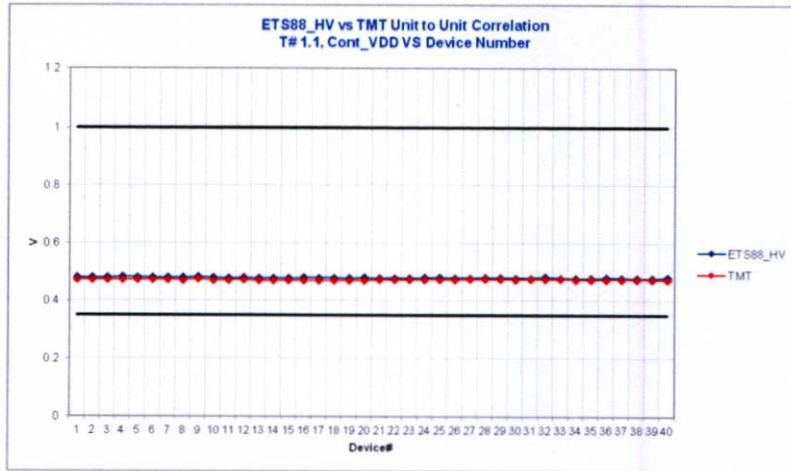
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันของการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซีกับไดแพ็ท พบว่า ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของทุกขาในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชัน การเชื่อมต่อของขาไอซีกับไดแพ็ท ดังตารางที่ 4.3 - 4.9

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าขีดสูงสุดต่ำสุด ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ทั้ง 40 ตัว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละฟังก์ชันของการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM

T#1.0	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6685	0.6574
Min	0.35	0.6497	0.6491
Mean		0.6587	0.6527
S.D.		0.0042	0.0028

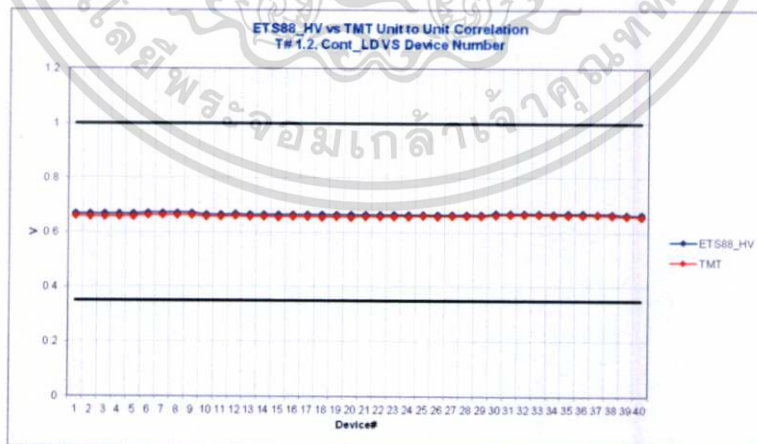
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD

T#1.1	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.4832	0.4768
Min	0.35	0.4785	0.4710
Mean		0.4802	0.4736
S.D.		0.0012	0.0015

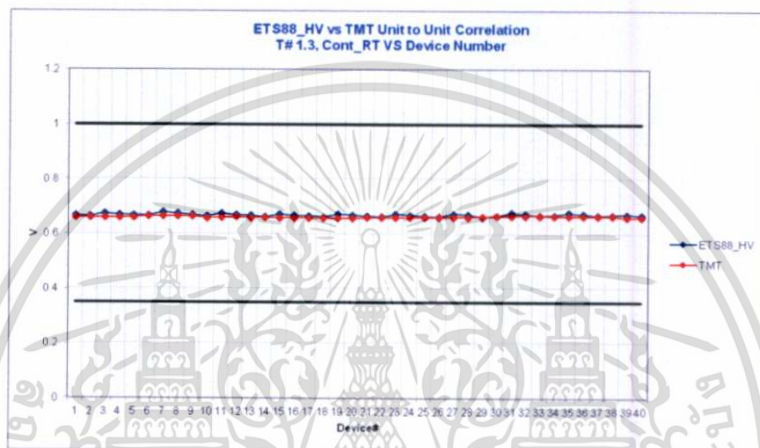


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าขีดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD

T#1.2	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6708	0.6640
Min	0.35	0.6636	0.6560
Mean		0.6664	0.6597
S.D.		0.0022	0.0027

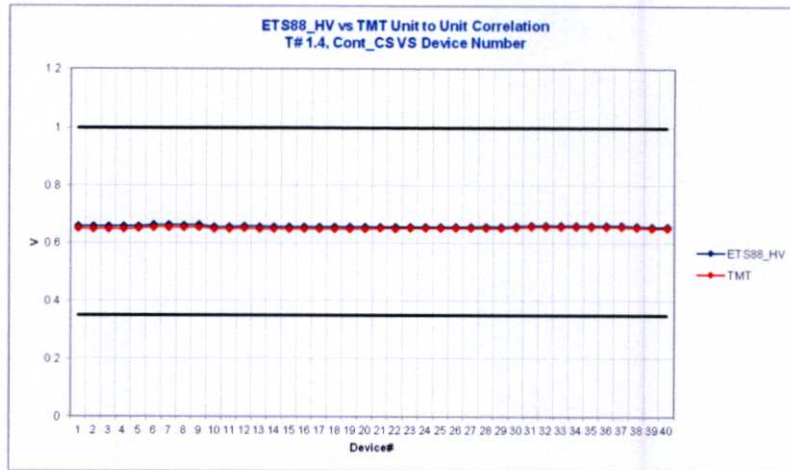


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าขีดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT

T#1.3	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6787	0.6659
Min	0.35	0.6608	0.6576
Mean		0.6685	0.6613
S.D.		0.0044	0.0026

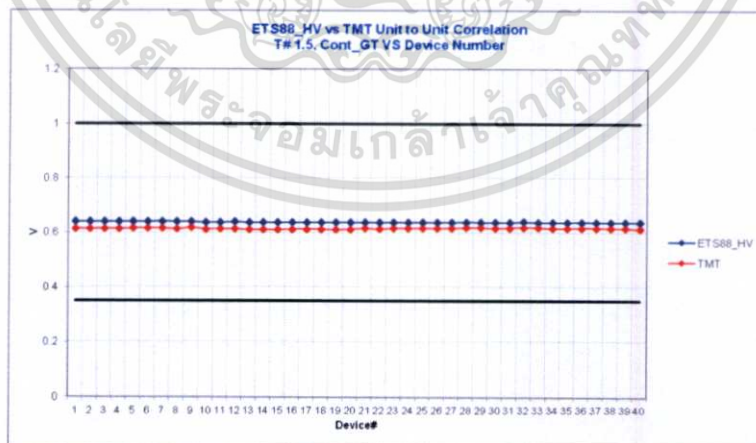
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD

T#1.4	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6642	0.6574
Min	0.35	0.6565	0.6491
Mean		0.6594	0.6528
S.D.		0.0023	0.0027

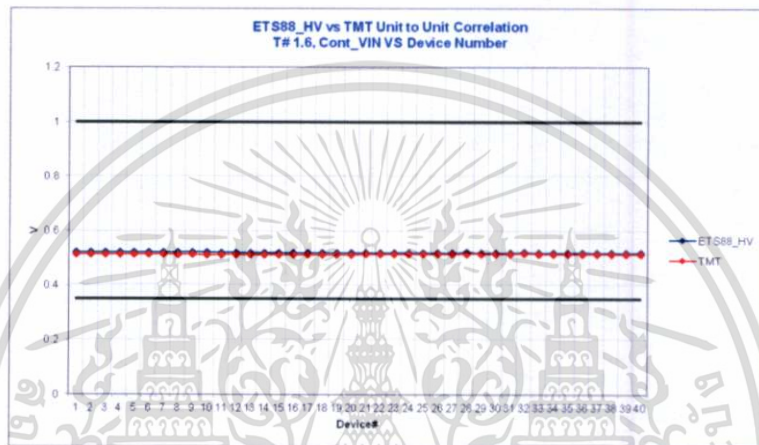


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT

T#1.5	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6413	0.6195
Min	0.35	0.6372	0.6116
Mean		0.6387	0.6153
S.D.		0.0011	0.0021



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

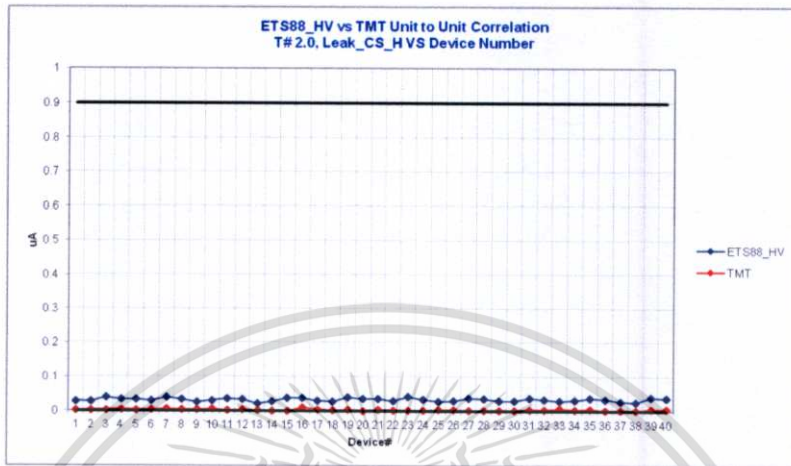
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN

T#1.6	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.5228	0.5166
Min	0.35	0.5192	0.5116
Mean		0.5206	0.5142
S.D.		0.0010	0.0013

#### 4.2.2 ฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี (Input pin leakage)

การทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี CS และ LD โดยมีลิมิตสูงสุด 0.9 ไมโครแอมป์ และลิมิตต่ำสุด 0 ไมโครแอมป์ ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ตัวที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลนี้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบจะเข้าใกล้ศูนย์นั้นหมายความว่ามิกระรั่วไหลจากตัวไอซีน้อยมาก โดยกระแสรั่วไหลที่น้อยจะแสดงถึงคุณภาพของตัวไอซี ดังภาพที่ 4.8 – 4.11



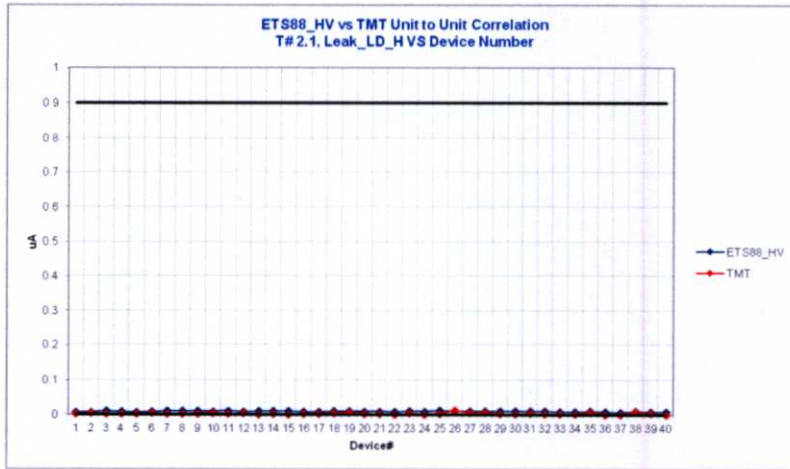
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขา CS และ LD พบว่า ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่า ฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขา CS และ LD ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชันการทดสอบทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี ดังตารางที่ 4.10 – 4.13

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันกระแสรั่วไหล สูงสุดในขา CS

T#2.0	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0416	0.0091
Min	0	0.0215	0.0004
Mean		0.0332	0.0035
S.D.		0.0049	0.0019

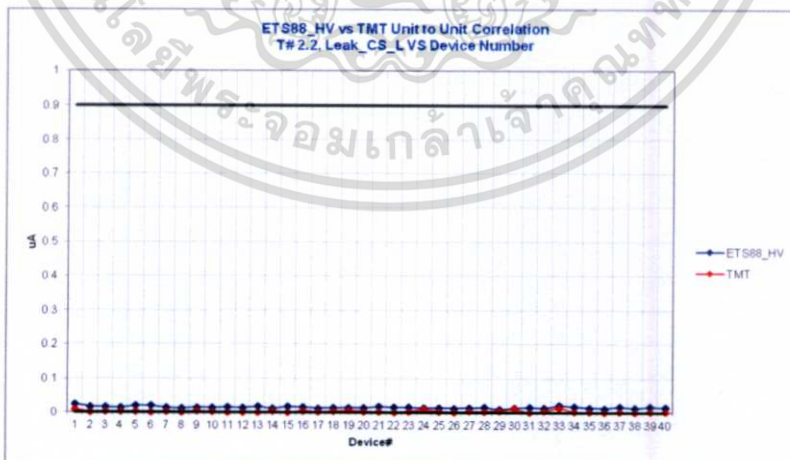
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันกระแสรั่วไหล สูงสุด ในขา LD

T#2.1	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0123	0.0122
Min	0	0.0060	0.0001
Mean		0.0089	0.0030
S.D.		0.0013	0.0025

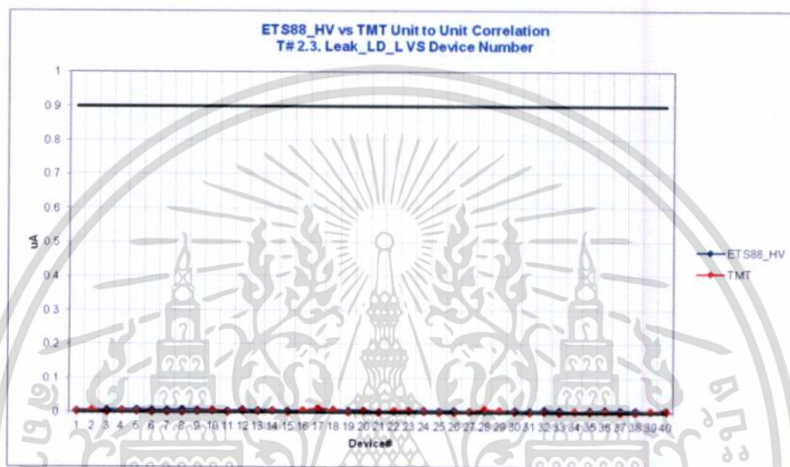


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ กระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS

T#2.2	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0243	0.0151
Min	0	0.0105	0.0000
Mean		0.0155	0.0029
S.D.		0.0028	0.0032



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

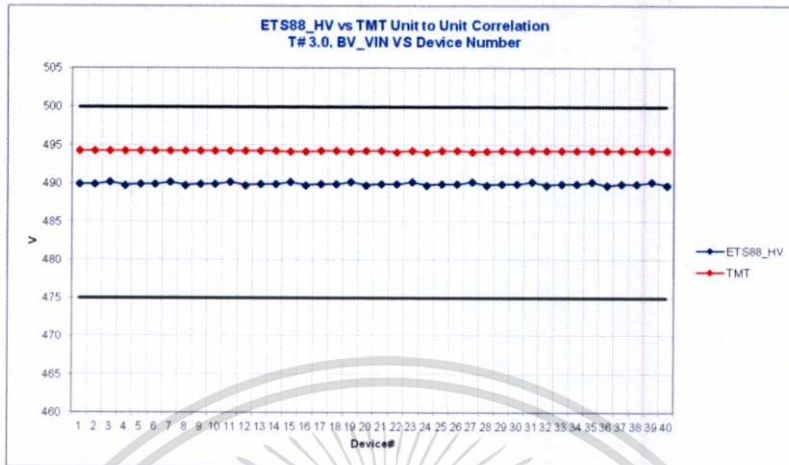
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ กระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD

T#2.3	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0086	0.0127
Min	0	0.0026	0.0002
Mean		0.0058	0.0029
S.D.		0.0013	0.0027

#### 4.2.3 ฟังก์ชันการทดสอบ BV\_VIN

การทดสอบฟังก์ชัน BV\_VIN โดยมีลิมิตสูงสุด 500 โวลต์ และลิมิตต่ำสุด 475 โวลต์ ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่โรงงานอุตสาหกรรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ BV\_VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ BV\_VIN พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ BV\_VIN ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชัน BV\_VIN ดังตารางที่ 4.14

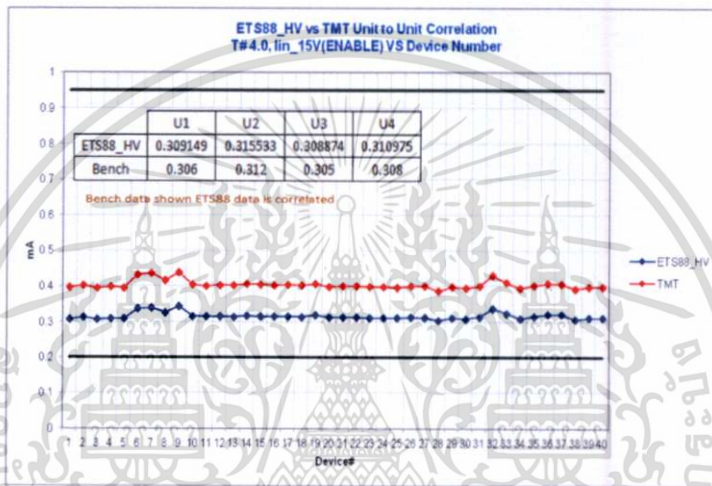
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชัน BV\_VIN

T#3.0	Limit	ETS88	TMT
Max	500	490.1678	494.2713
Min	475	489.7551	494.0698
Mean		489.9327	494.2398
S.D.		0.1442	0.0531

4.2.4 ฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต (lin) เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ และ 450 โวลต์ (lin test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ และ 450 โวลต์ ที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ขณะที่ไอซีตัวอย่างอยู่ในสภาวะทำงาน (Enable) และไม่ทำงาน (Disable) ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องอยู่ในลิมิต แต่มีความแตกต่างกันเกินร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ซึ่งผู้วิจัยได้นำไอซีไปทดสอบหาความสัมพันธ์โดยการเบนซ์เทสในขั้นต้น และผลการเบนซ์เทสในไอซีตัวอย่างที่พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เข้าใกล้กับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเบนซ์เทสทำให้สรุปได้ว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อ่านค่าได้ถูกต้องแม่นยำกว่าค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT อ้างอิงจากผลการเบนซ์เทส ดังภาพที่ 4.13 – 4.15

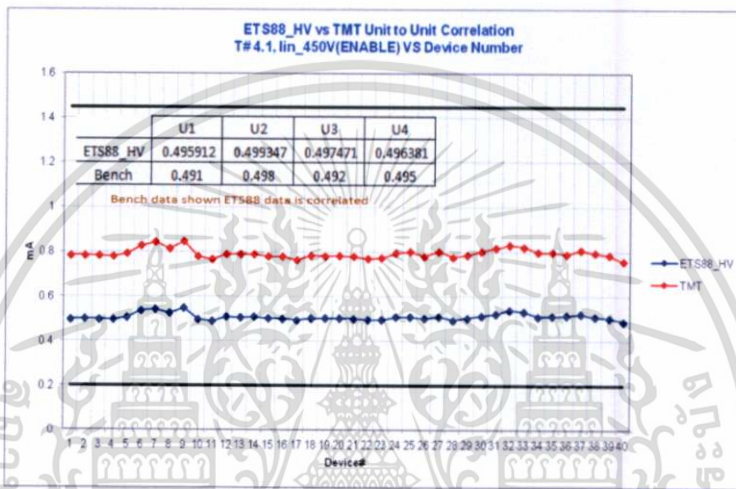


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน และค่าพารามิเตอร์จากเบนซ์เทสไอซี

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุตเมื่อ แรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ และ 450 โวลต์ ขณะที่ไอซีตัวอย่างอยู่ในสภาวะทำงาน (Enable) และไม่ทำงาน (Disable) พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชัน ดังตารางที่ 4.15 – 4.17

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ กระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน

T#4.0	Limit	ETS88	TMT
Max	0.95	0.3447	0.4389
Min	0.2	0.3050	0.3858
Mean		0.3170	0.4042
S.D.		0.0092	0.0117

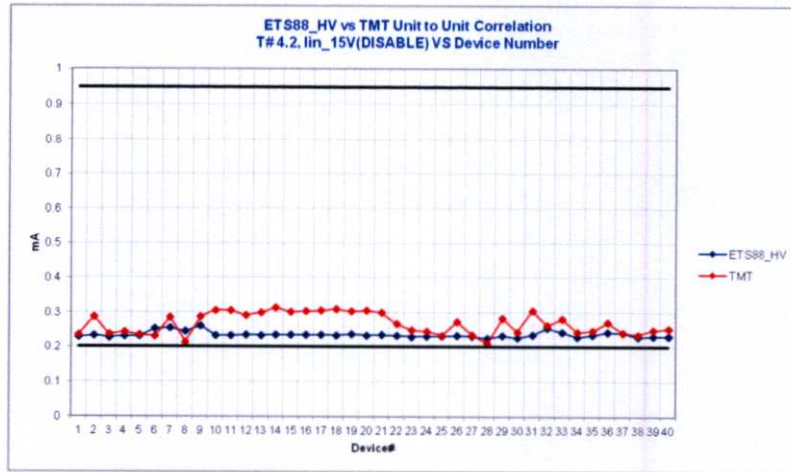


ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงานและค่าพารามิเตอร์จากเบนซ์เทสไอซี

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ กระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะทำงาน

T#4.1	Limit	ETS88	TMT
Max	1.45	0.5483	0.8461
Min	0.2	0.4877	0.7562
Mean		0.5088	0.7932
S.D.		0.0144	0.0204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



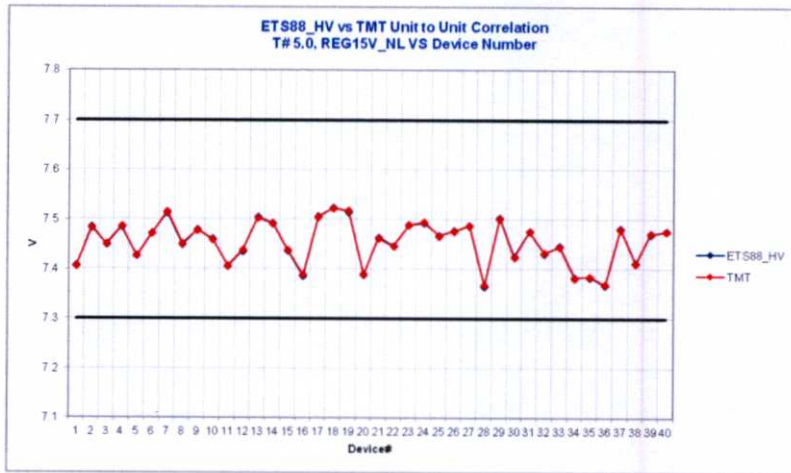
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบกระแสที่ขาอินพุต เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ ขณะที่ไอซีอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน

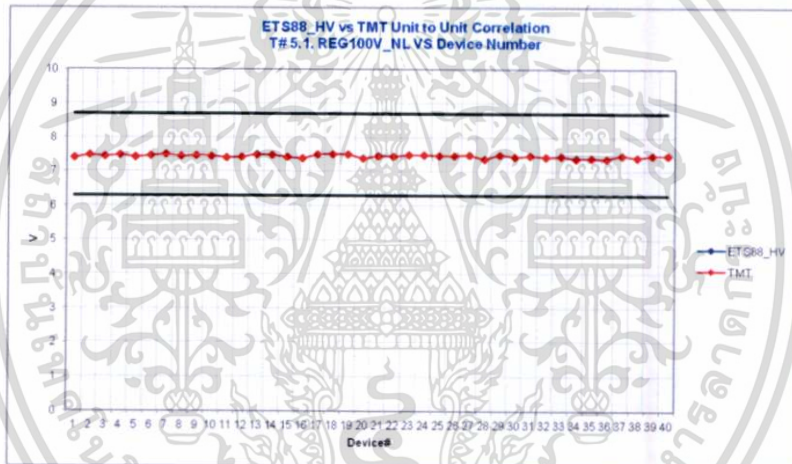
T#4.2	Limit	ETS88	TMT
Max	0.95	0.2611	0.3133
Min	0.2	0.2260	0.2108
Mean		0.2361	0.2687
S.D.		0.0080	0.0307

4.2.5 ฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ 100 โวลต์ และ 450 โวลต์ (VDD\_REG Test)

การทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์ 100 โวลต์ และ 450 โวลต์ กับไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องอยู่ในลิมิต เมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT สรุปได้ว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อ่านค่าได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.16 – 4.18



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 15 โวลต์



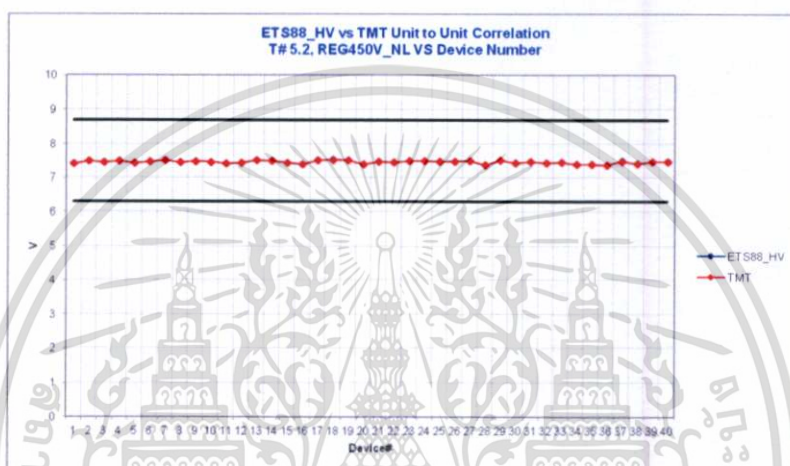
ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์ และ 450 โวลต์ พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์ และ 450 โวลต์ ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชัน VDD\_REG ดังตารางที่ 4.18 – 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 100 โวลต์

T#5.1	Limit	ETS88	TMT
Max	8.7	7.5231	7.5220
Min	6.3	7.3654	7.3670
Mean		7.4545	7.4545
S.D.		0.0435	0.0432



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์

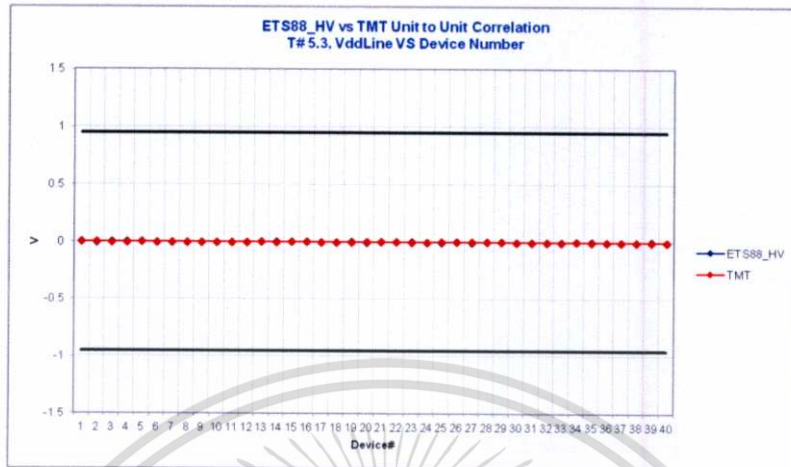
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์

T#5.2	Limit	ETS88	TMT
Max	8.7	7.5247	7.5238
Min	6.3	7.3675	7.3695
Mean		7.4563	7.4563
S.D.		0.0435	0.0432

#### 4.2.6 ฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line

การทดสอบฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line เป็นการเขียนโปรแกรมคำนวณในฟังก์ชัน VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุต เท่ากับ 15 ลบกับฟังก์ชัน VDD\_REG เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 450 โวลต์ โดยไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ตัวที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องอยู่ในลิมิต เมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT สรุปได้ว่า เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อ่านค่าได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ VDD Line ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีดังตารางที่ 4.20

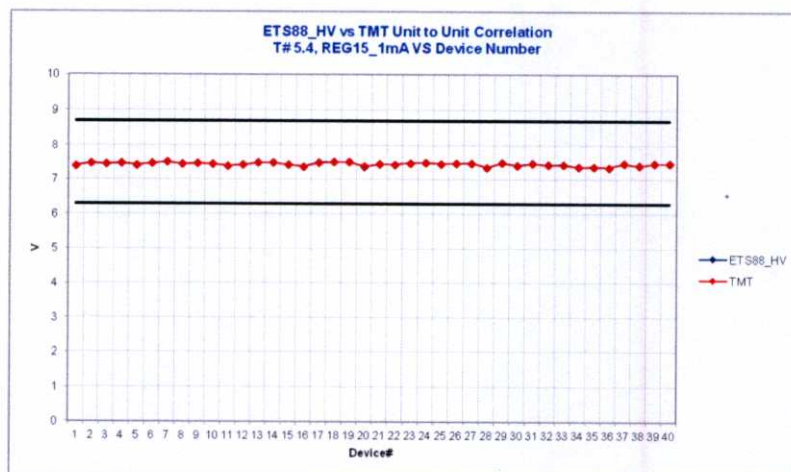
ตารางที่ 4.20 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชัน VDD Line

T#5.3	Limit	ETS88	TMT
Max	0.95	0.0024	0.0022
Min	-0.95	0.0012	0.0011
Mean		0.0017	0.0016
S.D.		0.0003	0.0003

#### 4.2.7 ฟังก์ชันการทดสอบ REG15\_1mA และ VddLoad

การทดสอบฟังก์ชันการทดสอบ REG15\_1mA และ VddLoad โดยไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ตัวที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องอยู่ในลิมิต เมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT สรุปได้ว่า เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อ่านค่าได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.20 – 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



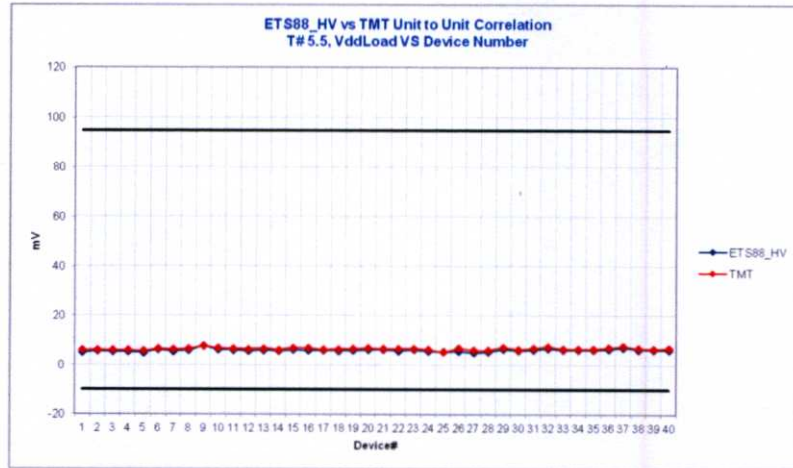
ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ REG15\_1mA

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ REG15\_1mA และ VddLoad พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ REG15\_1mA และ VddLoad ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดี ดังตารางที่ 4.21 – 4.22

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชัน REG15\_1mA

T#5.4	Limit	ETS88	TMT
Max	8.7	7.5173	7.5161
Min	6.3	7.3600	7.3616
Mean		7.4486	7.4483
S.D.		0.0435	0.0432

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



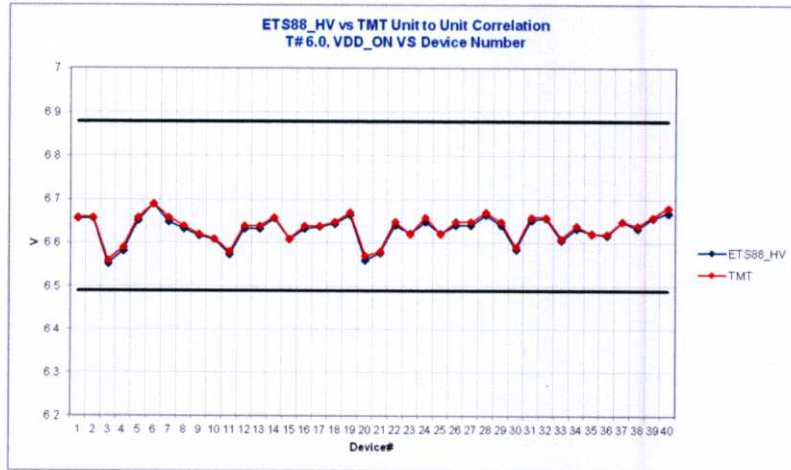
ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Vdd Load

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ Vdd Load

T#5.5	Limit	ETS88	TMT
Max	95	7.5972	7.6275
Min	-10	4.9501	5.4121
Mean		5.9733	6.4912
S.D.		0.5216	0.4979

#### 4.2.8 ฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD\_ON, UVLO หรือ VDD\_OFF และ UVHYS

การทดสอบฟังก์ชัน UVHI หรือ VDD\_ON, UVLO หรือ VDD\_OFF และ UVHYS ในไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.22 – 4.24



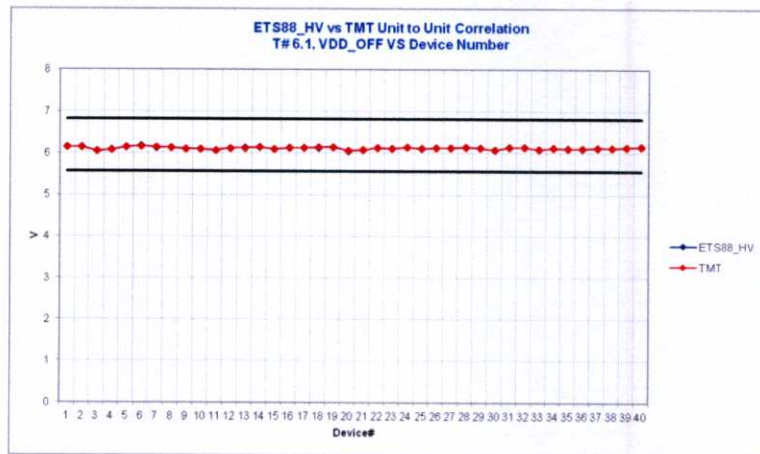
ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD\_ON ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD\_ON, UVLO หรือ VDD\_OFF และ UVHYS พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD\_ON, UVLO หรือ VDD\_OFF และ UVHYS ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดี ดังตารางที่ 4.23 – 4.25

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ UVHI หรือ VDD\_ON

T#6.0	Limit	ETS88	TMT
Max	6.88	6.6898	6.6900
Min	6.49	6.5532	6.5600
Mean		6.6310	6.6358
S.D.		0.0311	0.0310

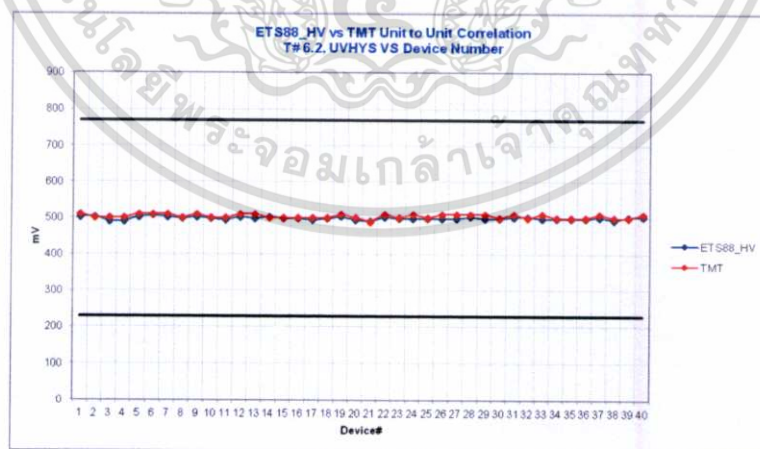
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVLO หรือ VDD\_OFF ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ UVLO หรือ VDD\_OFF

T#6.1	Limit	ETS88	TMT
Max	6.825	6.1825	6.1800
Min	5.575	6.0622	6.0600
Mean		6.1313	6.1315
S.D.		0.0281	0.0282



ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ UVHYS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ตารางที่ 4.25 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ

UVHYS

T#6.2	Limit	ETS88	TMT
Max	770	507.3115	510.0484
Min	230	490.9267	490.0479
Mean		499.6988	504.2983
S.D.		3.7776	5.4949

4.2.9 ฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN15V, ENL\_VIN450V, ENH\_VIN15V, EN\_VIN450V และREN\_PWM5V

การทดสอบฟังก์ชัน ENL\_VIN15V, ENL\_VIN450V, ENH\_VIN15V, EN\_VIN450V และ REN\_PWM5V ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.25 – 4.29



ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN15V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

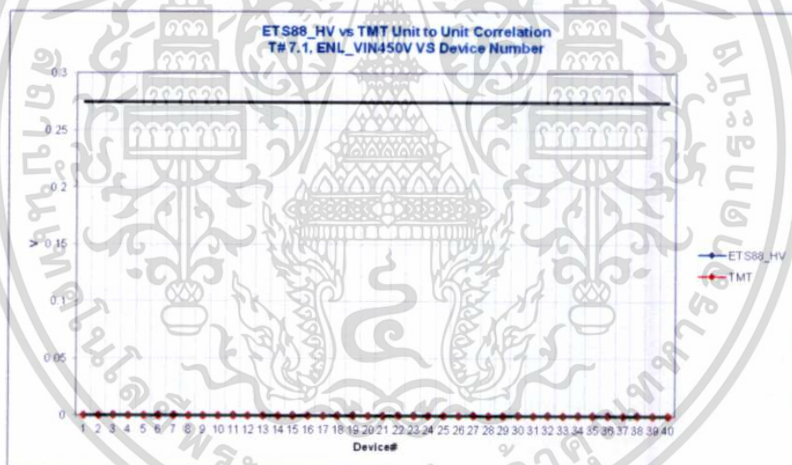
เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ ENH\_VIN15V, EN\_VIN450V และREN\_PWM5V พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ ENH\_VIN15V, EN\_VIN450V และ REN\_PWM5V ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดี และให้ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการอยู่ในระดับดี แต่เนื่องจากฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN15V, ENL\_VIN450V จะวัดค่าได้เข้าใกล้ศูนย์ ผู้วิจัยจึงไม่พิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ และสรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN15V, ENL\_VIN450V ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังตารางที่ 4.26 – 4.30

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN15V

T#7.0	Limit	ETS88	TMT
Max	0.275	0.0005	0.0003
Min	0	0.0000	0.0001
Mean		0.0002	0.0002

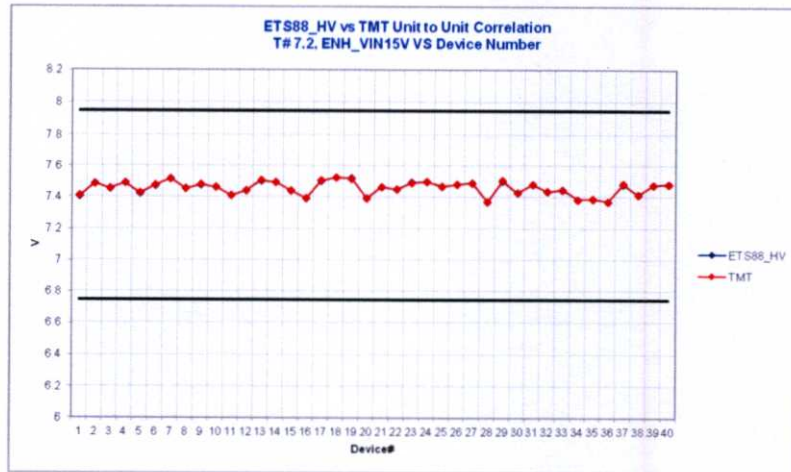


ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN450V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ ENL\_VIN450V

T#7.1	Limit	ETS88	TMT
Max	0.275	0.0004	0.0003
Min	0	0.0000	0.0000
Mean		0.0002	0.0002

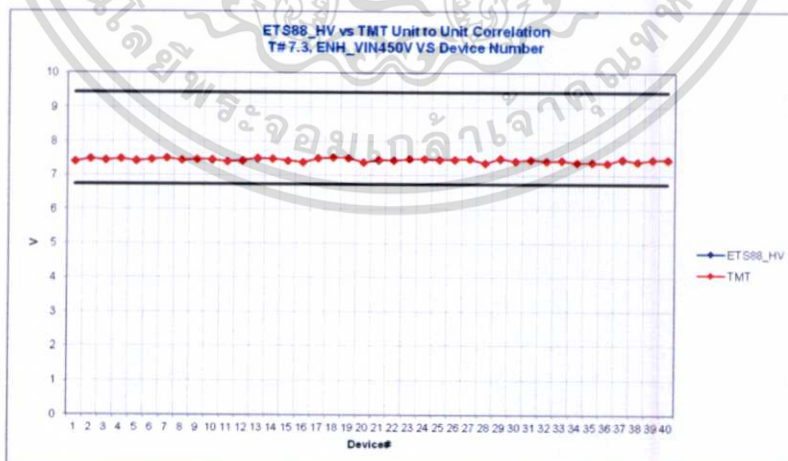
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENH\_VIN15V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ ENH\_VIN15V

T#7.2	Limit	ETS88	TMT
Max	7.95	7.5242	7.5241
Min	6.75	7.3685	7.3687
Mean		7.4557	7.4563
S.D.		0.0430	0.0431



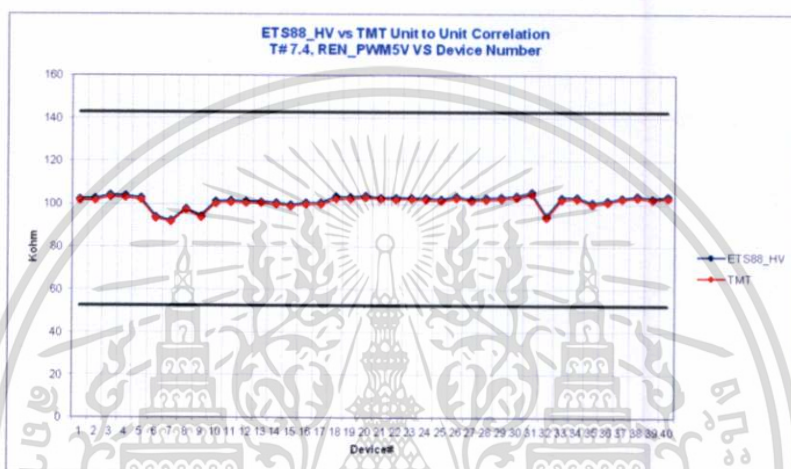
ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ ENH\_VIN450V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชัน

ENH\_VIN450V

T#7.3	Limit	ETS88	TMT
Max	9.45	7.5251	7.5259
Min	6.75	7.3703	7.3710
Mean		7.4571	7.4584
S.D.		0.0430	0.0432



ภาพที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ REN\_PWM5V ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ

REN\_PWM5V

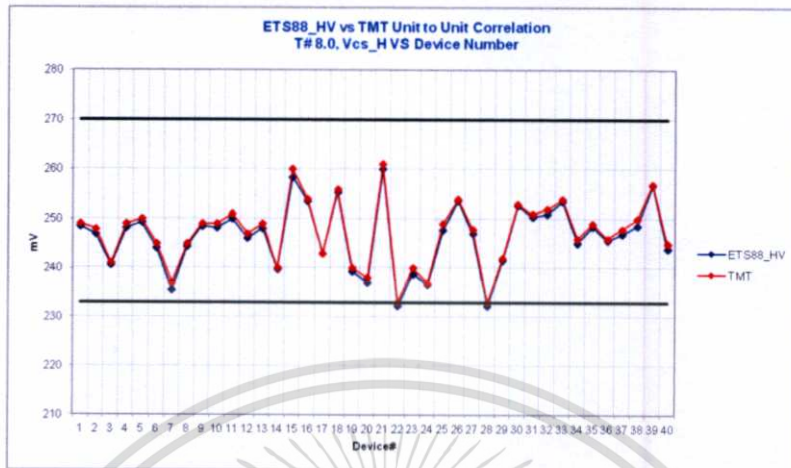
T#7.4	Limit	ETS88	TMT
Max	143	105.6410	104.8314
Min	52.5	92.4344	91.6999
Mean		101.7749	100.8732
S.D.		2.9946	2.9645

#### 4.2.10 ฟังก์ชันการทดสอบ Vcs\_H, Vcs\_L

การทดสอบฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา CS สูงสุดและต่ำสุด ในไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวน ทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.30 – 4.31



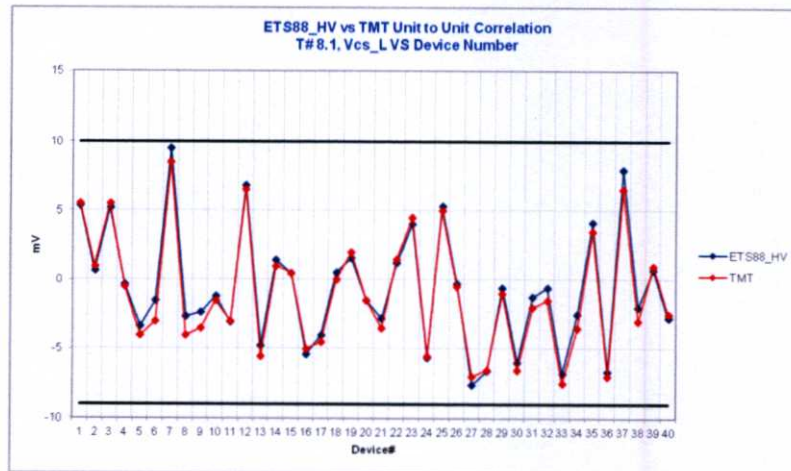
ภาพที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs\_H ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เนื่องจากการทดสอบฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา CS สูงสุดและต่ำสุด มีลิมิตที่แคบมาก ซึ่งมีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์จึงทำให้มีการกระจายตัวสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่พิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ และสรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา CS สูงสุดและต่ำสุด ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังตารางที่ 4.31 – 4.32

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการการทดสอบ Vcs\_H

T#8.0	Limit	ETS88	TMT
Max	270	260.0518	260.9999
Min	233	232.2270	233.0000
Mean		246.4682	247.2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



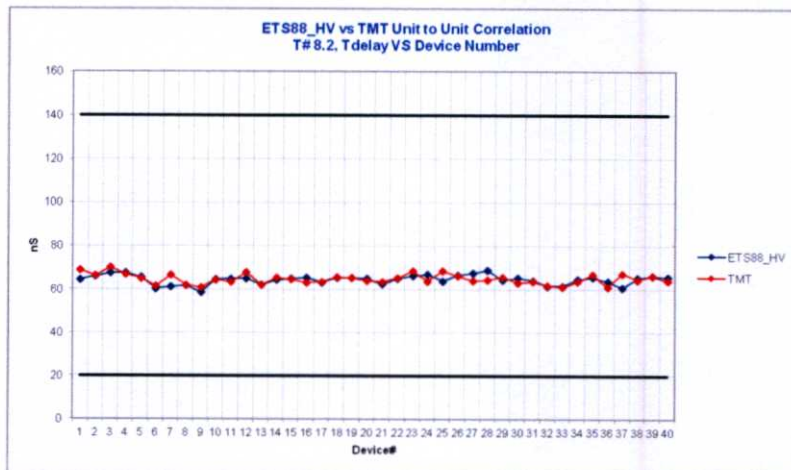
ภาพที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs\_L ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ Vcs\_L

T#8.1	Limit	ETS88	TMT
Max	10	9.4841	8.4996
Min	-9	-7.5776	-7.5002
Mean		-0.6755	-1.0253

#### 4.2.11 ฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay, Tdelay2 และ Tblank

การทดสอบฟังก์ชัน Tdelay, Tdelay2, Tblank ในไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องอยู่ในขีดจำกัด แต่ฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay2 มีความแตกต่างกันเกินร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT โดยผู้วิจัยอ้างอิงจากผลการเบนซ์เทสในไอซีตัวอย่าง ซึ่งพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เข้าใกล้กับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเบนซ์เทสทำให้สรุปได้ว่า เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อ่านค่าได้ถูกต้องแม่นยำกว่าค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.32- 4.34



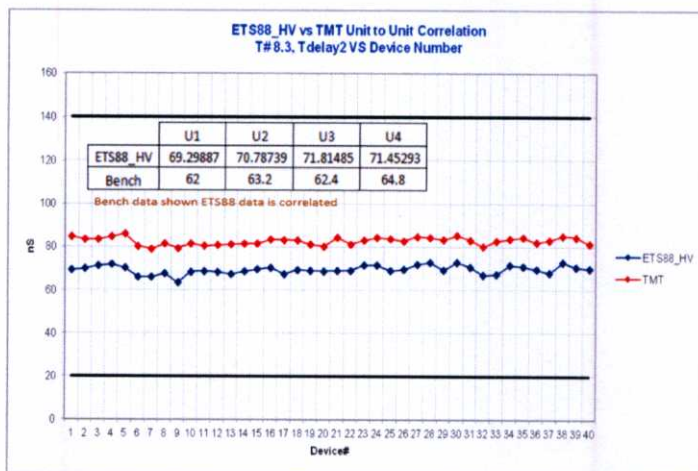
ภาพที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay และ Tdelay2 พบว่า ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่า ฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay และ Tdelay2 ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดี และให้ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการอยู่ในระดับดีในทุกฟังก์ชัน แต่เนื่องจากฟังก์ชันการทดสอบ Tblank วัดค่าละเอียดมีหน่วยเป็นนาโนเซกกัน (ns) มิลิเมตรที่แคบ ผู้วิจัยจึงไม่คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ ดังตารางที่ 4.33 – 4.35

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay

T#8.2	Limit	ETS88	TMT
Max	140	68.8834	70.1849
Min	20	58.7424	60.9413
Mean		64.5616	64.8829
S.D.		2.1917	2.3077

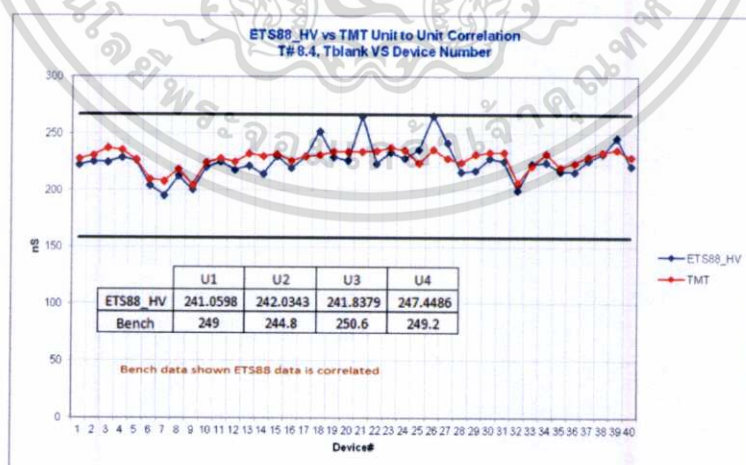
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay2 ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.34 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ Tdelay2

T#8.3	Limit	ETS88	TMT
Max	140	72.8698	85.9397
Min	20	63.3661	78.9326
Mean		69.3968	82.7329
S.D.		2.0256	1.7574



ภาพที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Tblank ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

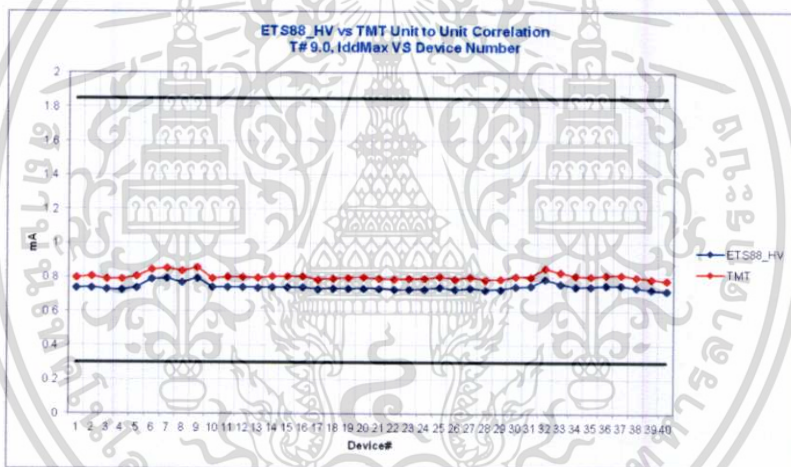
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ในฟังก์ชันการทดสอบ Tblank

T#8.4	Limit	ETS88	TMT
Max	267	266.1745	238.1994
Min	158	195.4038	204.5522
Mean		225.6024	228.0593

4.2.12 ฟังก์ชันการทดสอบ IddMax แรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด), Isrc และ Isnk ที่ขา Gate

การทดสอบ IddMax, แรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด), Isrc และ Isnk ที่ขา Gate ในไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.35 – 4.38



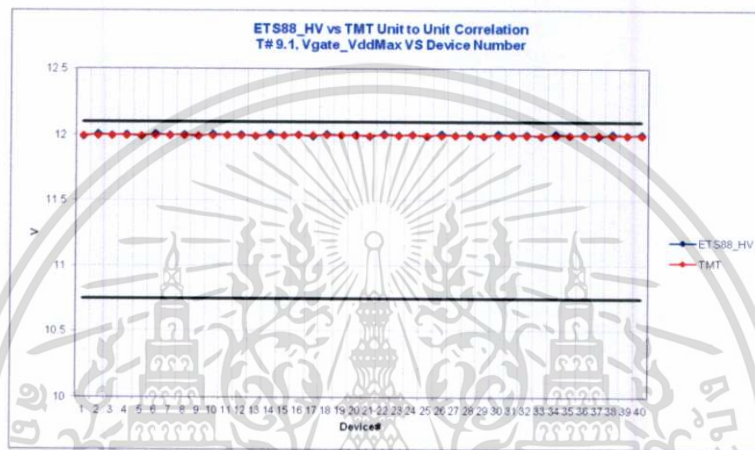
ภาพที่ 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ IddMax ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบ IddMax, แรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด), Isrc และ Isnk ที่ขา Gate พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบ IddMax, แรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด), Isrc และ Isnk ที่ขา Gate ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชัน ดังตารางที่ 4.36 – 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบ IddMax

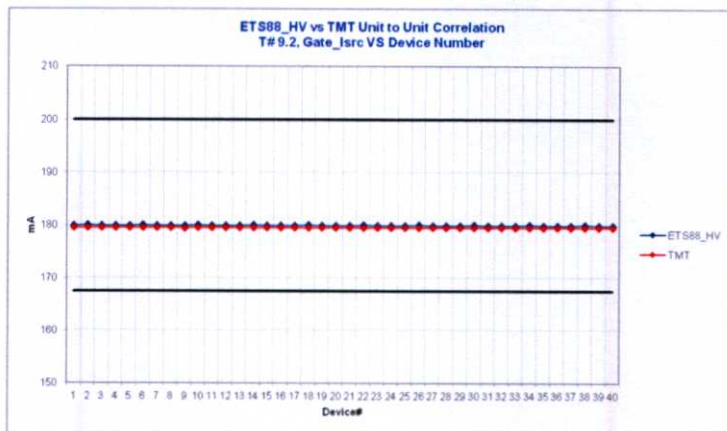
T#9.0	Limit	ETS88	TMT
Max	1.85	0.7950	0.8584
Min	0.3	0.7205	0.7818
Mean		0.7436	0.8056
S.D.		0.0188	0.0192



ภาพที่ 4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบแรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด) ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.37 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบแรงดันที่ขา Gate (เมื่อ VDD มีค่าสูงสุด)

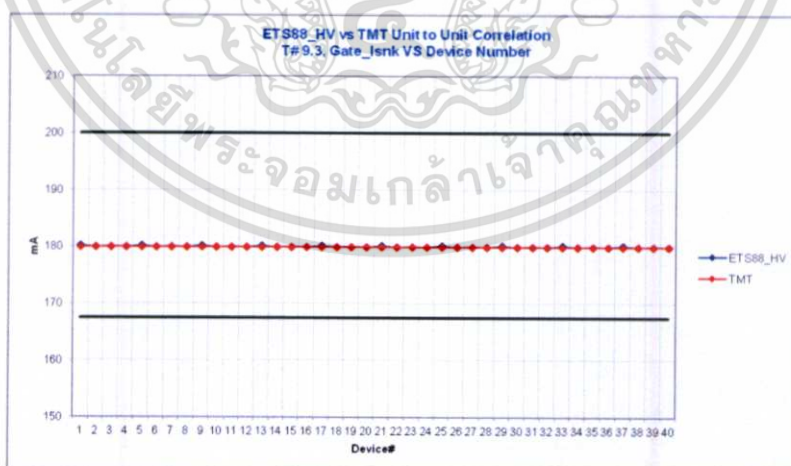
T#9.1	Limit	ETS88	TMT
Max	12.1	12.0098	11.9971
Min	10.75	11.9893	11.9963
Mean		12.0004	11.9967
S.D.		0.0071	0.0002



ภาพที่ 4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Isrc ที่ขา Gate ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบ Isrc ที่ขา Gate

T#9.2	Limit	ETS88	TMT
Max	200	180.1243	179.6134
Min	167.5	179.9332	179.5419
Mean		180.0079	179.5861
S.D.		0.0693	0.0177



ภาพที่ 4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบ Isnk ที่ขา Gate ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

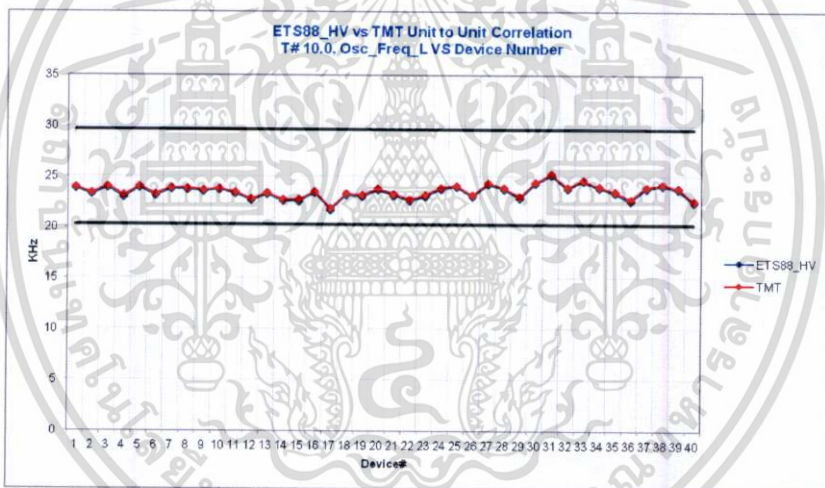
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบ Isnk ที่ขา Gate

T#9.3	Limit	ETS88	TMT
Max	200	180.2067	179.9591
Min	167.5	179.9364	179.9506
Mean		180.0259	179.9548
S.D.		0.1084	0.0021

#### 4.2.13 ฟังก์ชันการทดสอบ สัญญาณ Osc สูงสุดและต่ำสุด

การทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุดและต่ำสุด ในไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.39 – 4.40

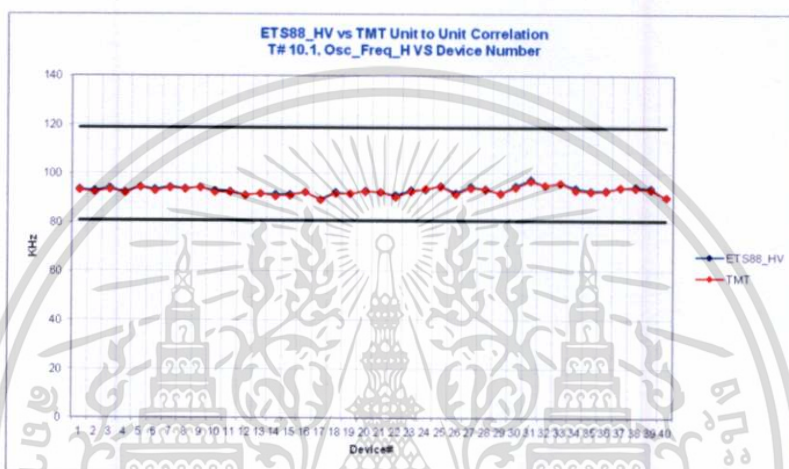


ภาพที่ 4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc ต่ำสุดระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุดและต่ำสุดพบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุดและต่ำ ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในฟังก์ชันการทดสอบทดสอบ Osc สูงสุดและต่ำสุด ดังตารางที่ 4.40 – 4.41

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันสัญญาณ Osc สูงสุด

T#10.0	Limit	ETS88	TMT
Max	29.7	25.1663	25.3194
Min	20.3	21.7438	21.9051
Mean		23.4406	23.5926
S.D.		0.6479	0.6455



ภาพที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุด ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.41 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบสัญญาณ Osc สูงสุด

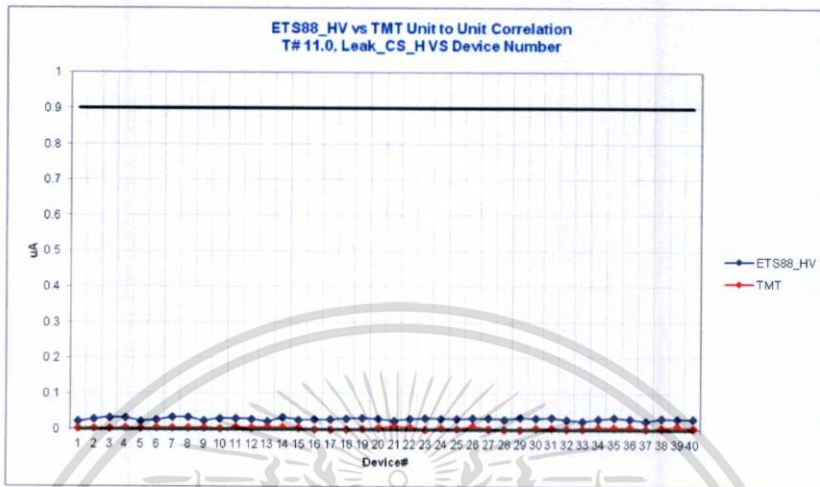
T#10.1	Limit	ETS88	TMT
Max	119	97.4801	96.9904
Min	81	89.4984	89.3868
Mean		93.3399	93.0051
S.D.		1.5553	1.5496

#### 4.2.14 ฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี (หลัง)

การทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี CS และ LD โดยมีลิมิตสูงสุด 0.9 ไมโครแอมป์ และลิมิตต่ำสุด 0 ไมโครแอมป์ ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงและสอดคล้องกันทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลนี้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบจะเข้าใกล้ศูนย์นั้นหมายความว่ามีการรั่วไหลจากตัวไอซีน้อยมาก โดยกระแสรั่วไหลที่น้อยจะแสดงถึงคุณภาพของตัวไอซี ดังภาพที่ 4.41 - 4.44



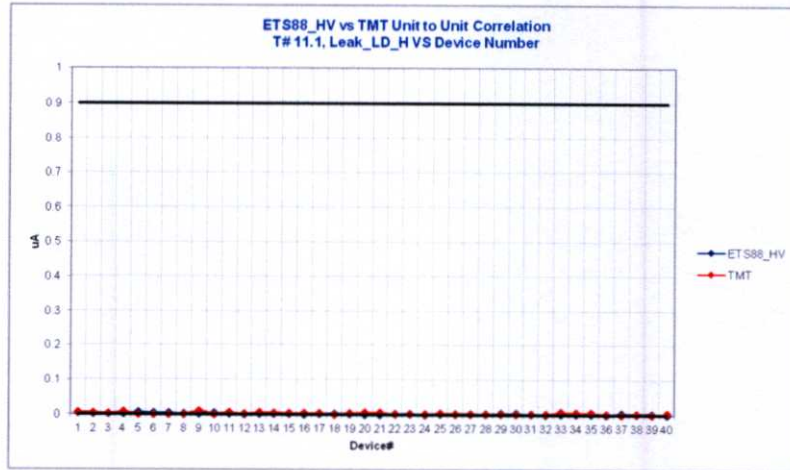
ภาพที่ 4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซีกับไดแพ็ทพบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขา CS และ LD ในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ในทุกฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลในขาไอซี ดังตารางที่ 4.42 - 4.45

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา CS

T#11.0	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0347	0.0092
Min	0	0.0216	0.0000
Mean		0.0296	0.0036
S.D.		0.0036	0.0023

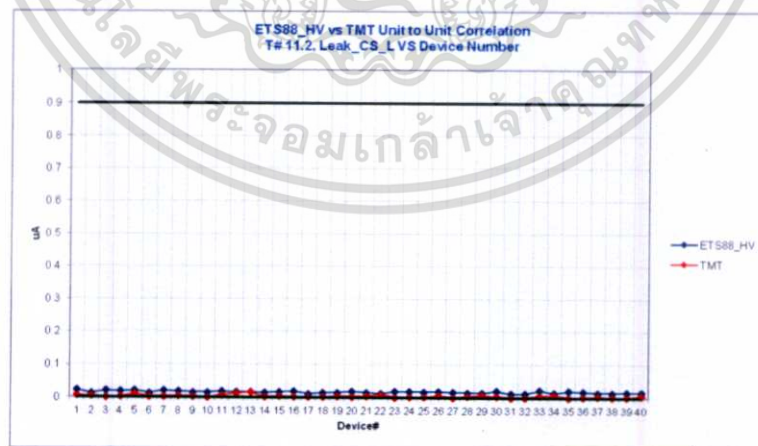
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดใน  
ขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.43 แสดงค่าขีดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการ  
ทดสอบกระแสรั่วไหลสูงสุดในขา LD

T#11.1	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0059	0.0109
Min	0	0.0001	0.0002
Mean		0.0021	0.0034
S.D.		0.0013	0.0024

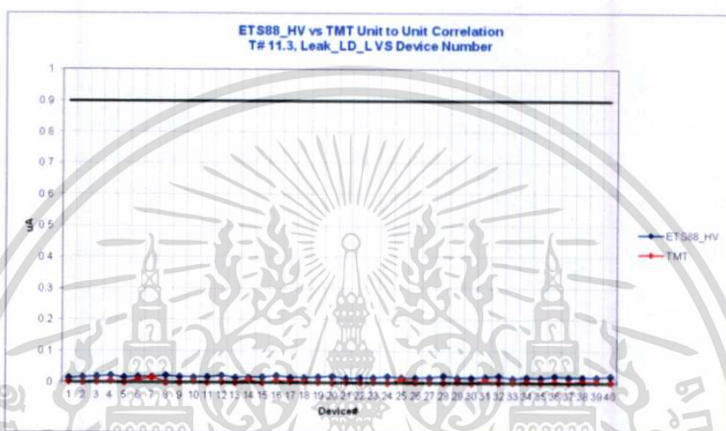


ภาพที่ 4.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดใน  
ขา CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา CS

T#11.2	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0218	0.0163
Min	0	0.0108	0.0002
Mean		0.0162	0.0039
S.D.		0.0027	0.0034



ภาพที่ 4.44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.45 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการการทดสอบกระแสรั่วไหลต่ำสุดในขา LD

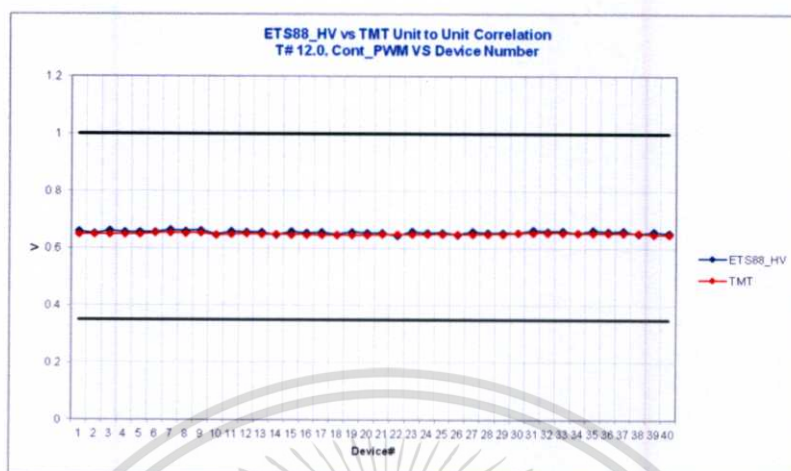
T#11.3	Limit	ETS88	TMT
Max	0.9	0.0225	0.0160
Min	0	0.0138	0.0000
Mean		0.0180	0.0030
S.D.		0.0025	0.0032

4.2.15 ฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างไดแพ็คกับขาไอซี (หลัง)

การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างไดแพ็คกับขาไอซี PWM, VDD, LD, RT, CS, GT และ VIN โดยมีลิมิตสูงสุด 1 โวลต์ และลิมิตต่ำสุด 0.35 โวลต์ ไอซีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้ง 40 ที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ถูกต้องและใกล้เคียงกันมากทั้ง 40 ตัวเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.45 – 4.51



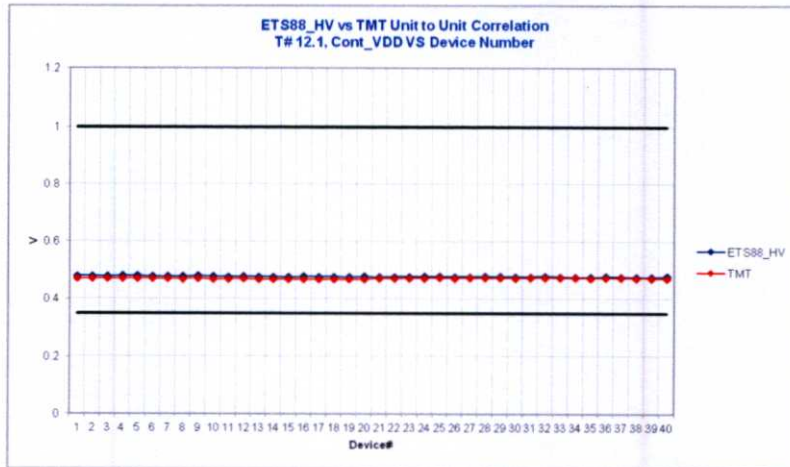
ภาพที่ 4.45 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เมื่อนำค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซีกับไดแพ็ทพบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 1 และมีค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการสูงกว่า 1.33 สรุปได้ว่าฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของทุกขาในไอซีที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพการวัดที่ดีในทุกฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซีกับไดแพ็ท ดังตารางที่ 4.46 – 4.52

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าขีดสูงสุดต่ำสุด ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ทั้ง 40 ตัว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี PWM

T#12.0	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6651	0.6561
Min	0.35	0.6460	0.6474
Mean		0.6571	0.6514
S.D.		0.0047	0.0027

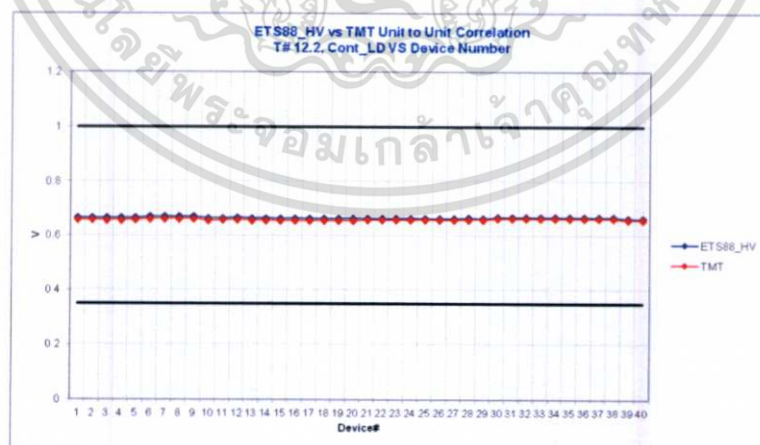
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.46 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VDD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.47 แสดงค่าขีดจำกัดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ การเชื่อมต่อของขาไอซี VDD

T#12.1	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.4809	0.4746
Min	0.35	0.4762	0.4688
Mean		0.4779	0.4715
S.D.		0.0012	0.0016

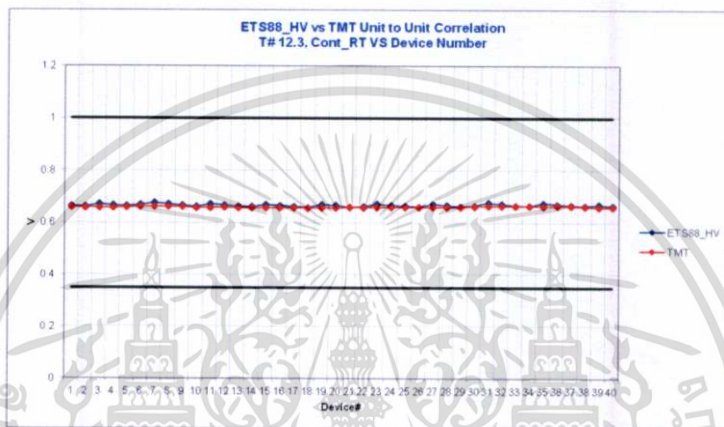


ภาพที่ 4.47 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี LD ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ การเชื่อมต่อของขาไอซี VDD

T#12.2	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6690	0.6629
Min	0.35	0.6618	0.6545
Mean		0.6646	0.6584
S.D.		0.0022	0.0027

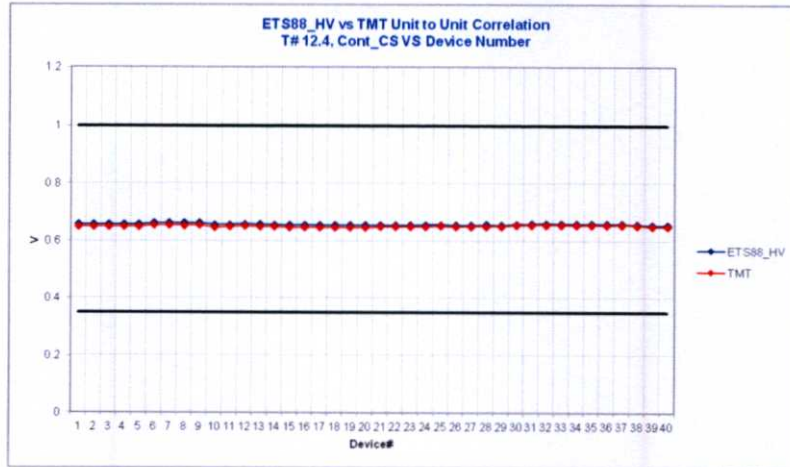


ภาพที่ 4.48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี RT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.49 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ การเชื่อมต่อของขาไอซี RT

T#12.3	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6774	0.6645
Min	0.35	0.6585	0.6563
Mean		0.6668	0.6600
S.D.		0.0046	0.0026

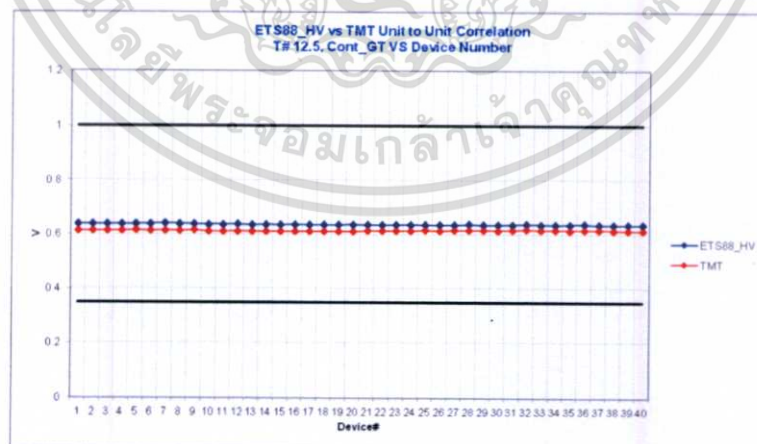
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.50 แสดงค่าขีดสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี CS

T#12.4	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6622	0.6561
Min	0.35	0.6547	0.6476
Mean		0.6575	0.6515
S.D.		0.0023	0.0028

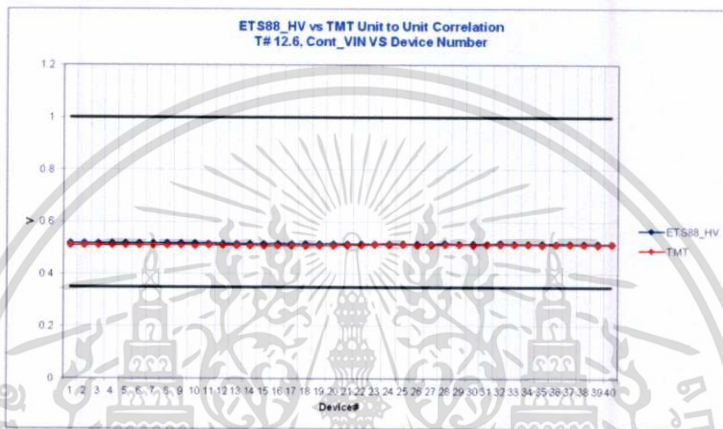


ภาพที่ 4.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี GT ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.51 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ การเชื่อมต่อของขาไอซี GT

T#12.5	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.6394	0.6177
Min	0.35	0.6353	0.6105
Mean		0.6369	0.6139
S.D.		0.0011	0.0021



ภาพที่ 4.51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันการทดสอบการเชื่อมต่อของขาไอซี VIN ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

ตารางที่ 4.52 แสดงค่าลิมิตสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในฟังก์ชันการทดสอบ การเชื่อมต่อของขาไอซี VIN

T#12.6	Limit	ETS88	TMT
Max	1	0.5204	0.5151
Min	0.35	0.5169	0.5104
Mean		0.5183	0.5127
S.D.		0.0010	0.0013

### 4.3 การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ

การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้งระบบ เป็นการทดสอบไอซีเสมือนจริงในอุตสาหกรรมผลิต ไอซีเพื่อหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นขณะทดสอบไอซีในอุตสาหกรรมผลิตไอซีจริง ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

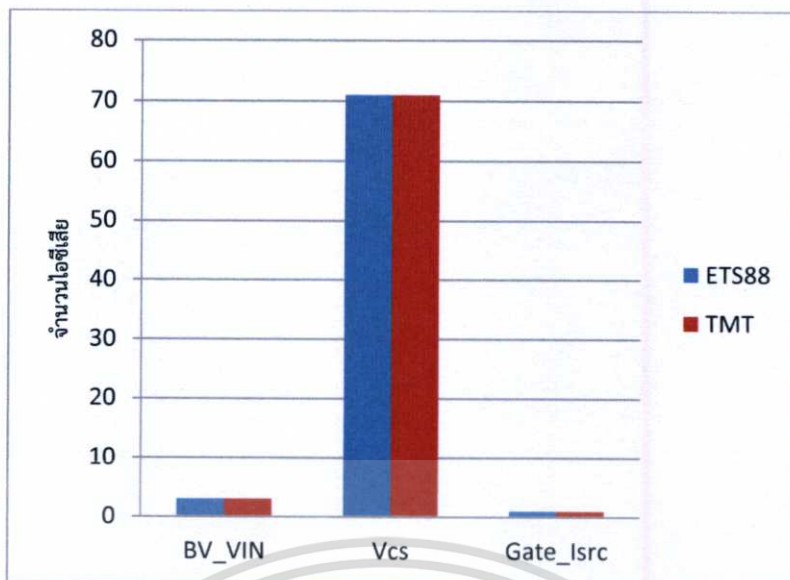
ไอซีตัวอย่างจำนวนมากๆ และเป็นไอซีที่ยังไม่ผ่านการทดสอบมาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ไอซีที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ จำนวน 1,999 ตัว ทำการทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เพื่อแยกงานที่ผ่านการทดสอบและไม่ผ่านการทดสอบจากการทดสอบไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จากนั้นนำไอซีเฉพาะที่ผ่านการทดสอบจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ทั้งหมดไปทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT อีกครั้ง โดยไอซีทั้งหมดนี้จะต้องผ่านที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT และผู้วิจัยทำการสรุปผลการทดสอบดังตารางที่ 4.53

**ตารางที่ 4.53 ผลการทดสอบไอซีกับกลุ่มตัวอย่างทั้งระบบ**

เครื่องทดสอบไอซี	กลุ่มตัวอย่าง	ไอซีดี	ไอซีเสีย	% Yield
ETS88	1,999	1,924	75	96.25%
TMT	1,999	1,924	75	96.25%

จากการทดสอบไอซีกับกลุ่มตัวอย่างทั้งระบบสรุปได้ว่า งานที่ยังไม่ผ่านการทดสอบไปทดสอบคุณสมบัติที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จำนวน 1,999 ตัว มีไอซีผ่านทั้งหมด 1,924 ตัว จากนั้นนำไอซีที่ผ่านทั้งหมดจำนวน 1,924 ตัว ไปทดสอบอีกครั้งที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT พบว่าไอซีทุกตัวสามารถผ่านได้ที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการทดสอบไอซีของเครื่องทดสอบไอซีทั้งสองแบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความสามารถในการแยกงานเสียของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยการนำงานเสียมาทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อีกครั้ง จากนั้นทำการบันทึกผลและแยกงานเสียออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อนำงานเสียเหล่านั้นไปทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT อีกครั้ง โดยผลที่ได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 จะต้องเหมือนกันกับผลที่ได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังภาพที่ 4.52



ภาพที่ 4.52 กราฟแสดงการเปรียบเทียบงานเสียในฟังก์ชันต่างๆ ระหว่างเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และ TMT

การทดสอบงานเสียในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ผู้วิจัยพบว่า งานเสียที่ทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ผลเหมือนกันเมื่อทดสอบในเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ดังนั้นการทดสอบไอซีที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไปสู่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยใช้โค้ดคำสั่งภาษาซีพัฒนาโปรแกรมภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision และใช้กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY REV.9 สามารถสรุปแนวทางและผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.2 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมทดสอบสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซี ในอุตสาหกรรมผลิตไอซี ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีเพื่อใช้ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 โดยใช้โค้ดคำสั่งภาษาซีพัฒนาโปรแกรมภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision การออกแบบโปรแกรมทดสอบไอซีผู้วิจัยได้วิเคราะห์ฮาร์ดแวร์ของระบบทดสอบโดยละเอียดและรอบคอบ ซึ่งใช้กรอบแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมทดสอบ EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY REV.9 เพื่อกำหนดแหล่งจ่ายสัญญาณต่างๆ ในเครื่องทดสอบให้กับตัวไอซีทำให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานร่วมกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.1 ผลการทดสอบ 4 ตัวอย่าง

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบไอซีในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 และเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกันในฟังก์ชันการทดสอบย่อยพบว่าส่วนใหญ่ให้ค่าใกล้เคียง โดยแต่ละฟังก์ชันการทดสอบมีค่าพารามิเตอร์แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่บริษัทอุตสาหกรรมทดสอบไอซียอมรับได้ โดยมี 3 ฟังก์ชันการทดสอบย่อยมีค่าความแตกต่างกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 และจะต้องทำการเบนซ์เทสไอซีตัวอย่างทั้ง 4 ตัวนี้ ใน 3 ฟังก์ชันการทดสอบย่อยเพื่อหาผลลัพธ์ที่แท้จริง

5.1.2 เบนซ์เทส

ผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างเดิม ไอซีคุณภาพดีจำนวน 4 ตัว ทำการเบนซ์เทสเพื่อหามาตรฐานการวัดของเครื่องทดสอบไอซีทั้งสอง ซึ่งเป็นฟังก์ชันการทดสอบที่มีค่าความแตกต่างกันไม่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 10 มีฟังก์ชันการทดสอบดังต่อไปนี้

1. เทสฟังก์ชันที่ 4.0 lin\_15V(ENABLE)
2. เทสฟังก์ชันที่ 4.1 lin\_450V(ENABLE)
3. เทสฟังก์ชันที่ 8.3 Tdelay2

โดยค่าที่ได้จากการเบนซ์เทสทำให้ทราบว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 วัดค่าได้ถูกต้องและใกล้เคียงกว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เพราะผลการเบนซ์เทสที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มากกว่า เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT

### 5.1.3 การทดสอบเสถียรภาพ

การทดสอบเสถียรภาพของระบบทดสอบไอซี ETS88 ในการทดสอบซ้ำจำนวน 30 ครั้งกับกลุ่มตัวอย่างไอซี คุณภาพดีจำนวน 4 ตัว ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0 – 0.677 สรุปได้ว่าในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีการวัดไอซีได้อย่างแม่นยำ เพราะการกระจายตัวของค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากการทดสอบใน 30 ครั้งน้อยมาก และให้ค่าดัชนีชี้วัดขีดความสามารถของกระบวนการ (CPK) มากกว่า 1.33 ขึ้นไปในทุกฟังก์ชันการทดสอบ ซึ่งระบบการทดสอบไอซีอยู่ในระดับดี

### 5.1.4 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีคุณภาพดี

ผลการทดลองในขั้นนี้ไอซีตัวอย่างคุณภาพดีจำนวน 40 ตัวให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกฟังก์ชันการทดสอบทั้งสองเครื่องทดสอบ มีเพียง 3 ฟังก์ชันการทดสอบย่อยที่ให้ค่าที่แตกต่างกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกันกับการทดสอบในขั้นแรก (Sample test 4 units) ซึ่งผู้วิจัยได้ยืนยันผลโดยการเบนซ์เทสแล้วผลที่ได้คือ ค่าใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88

### 5.1.5 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างไอซีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทดสอบ

ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้งระบบ โดยใช้ไอซีที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ จำนวน 1,999 ตัว ทำการทดสอบที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เปรียบเทียบกับการทดสอบบนเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT พบว่า ไอซีที่ทดสอบผ่านในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ทุกตัวสามารถทดสอบผ่านได้ที่เครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT เช่นกัน รวมไปถึงสามารถแยกไอซีเสียได้ตรงกันในเครื่องทดสอบไอซีทั้งสองแบบ

## 5.2 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

5.2.1 จากสมมติฐานข้อที่ 1.3.1 ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมทดสอบไอซีของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ให้ค่าพารามิเตอร์ไม่ต่างจากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้เป็นเพราะประสิทธิภาพของโปรแกรมทดสอบไอซีที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นภายในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision โดยใช้กรอบแนวคิด EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010 ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกันมากกับเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT โดยใช้การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในเครื่องทดสอบทั้งสองแบบ ซึ่งค่าความแตกต่างที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 นี้ เป็นค่าความแตกต่างในระดับที่อุตสาหกรรมผลิตไอซียอมรับได้ ในกรณีที่มีค่าความแตกต่างเกินร้อยละ 10 จะทำให้ค่าพารามิเตอร์ผิดเพี้ยนไปจากค่าพารามิเตอร์จริงที่ควรอ่านได้ และผลการเบนซ์เทสในไอซีกลุ่มอย่างเดิม พบว่าค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ใกล้เคียงกับผลการเบนซ์เทสมากกว่าเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT แสดงได้ว่าผลการวัดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ถูกต้องกว่าค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ TMT ในบางฟังก์ชันการทดสอบ สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2.2 จากสมมติฐานข้อที่ 1.3.2 ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีค่า 1.33 ขึ้นไป ทั้งนี้เป็นเพราะโปรแกรมทดสอบไอซีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นบนเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 มีเสถียรภาพและมีความแม่นยำในการวัดค่าพารามิเตอร์สูง ซึ่งผลจากการทดสอบไอซีซ้ำทั้ง 30 ครั้ง ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0 – 0.677 เป็นผลให้ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการมีค่ามากกว่า 1.33 ในทุกฟังก์ชันการทดสอบ เมื่อนำค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการมาตีความพบว่าระบบการทดสอบไอซีของเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 อยู่ในระดับดี อ้างอิงจาก จริล ทรัพย์เสรี : 2550 Quality Production เล่ม 14 เรื่องวุ่นๆของการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีภายในระบบปฏิบัติการ Eagle Vision และปรับแก้จนกว่าจะได้โปรแกรมทดสอบไอซีที่สมบูรณ์ โดยใช้กรอบแนวคิด EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010 ซึ่งสอดคล้องกับ L.F. Fuller : 2001 โดยเป็นการจำลองการผลิตไอซีชนิด CMOS ในห้องทดลองของมหาวิทยาลัย ทำการทดลองโดยใช้การทดสอบซ้ำคุณสมบัติทางไฟฟ้า ผลการวิจัยกล่าวว่าประสิทธิภาพของการวัดค่าพารามิเตอร์ซ้ำ ให้ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในการทดสอบทางคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีในไอซีที่สมบูรณ์ สำหรับ 30 ฟังก์ชันการทดสอบ

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. การเบนซ์เทสเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องของไอซีตัวอย่างสามารถทำได้ในทุกฟังก์ชันการทดสอบ เพื่อเป็นการแสดงผลที่ได้จากเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 เปรียบเทียบกับผลการเบนซ์เทส ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของโปรแกรมทดสอบไอซีแบบ ETS88 ที่ได้พัฒนาขึ้นมามากยิ่งขึ้น

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

1. สำหรับฟังก์ชันการทดสอบไอซีอื่น หรือไอซีประเภทอื่นนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision โดยใช้กรอบแนวคิด EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010
2. การพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีกับเครื่องทดสอบไอซีประเภทอื่น สามารถที่จะประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY : 2010 ในการพัฒนาโปรแกรมทดสอบไอซีได้ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กระบวนการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพ ชีตความสามารถของระบบทดสอบไอซี



## บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. การวิเคราะห์ระบบการวัด MSA ประมวลผลด้วย MINITAB, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2543. โครงการจัดทำดัชนีด้านสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. กองประสานการจัดการมลพิษ. 4.12 - 4.17.
- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2547. โครงการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรมภายใต้กรอบความร่วมมือ ด้านเศรษฐกิจอุตสาหกรรมระหว่างประเทศ. บทที่ 10 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. [Online]. Available : [www.thaifita.com/thaifita/Portals/0/File/vol4Ch\\_10\\_electronic.doc](http://www.thaifita.com/thaifita/Portals/0/File/vol4Ch_10_electronic.doc)
- จรัล ทรัพย์เสรี. 2550. เรื่องวุ่นๆของการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ ตอนที่ 1. Quality Production เล่ม 14. 56-59.
- ยรรยง สรีสวัสดิ์. 2558. การศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาฟิล์มลอกของซิลิคอนเวเฟอร์ในการเคลือบผิวฟิล์มบางสำหรับอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538. วิธีวิจัยการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.
- รุจเรขา วิทยายุทธมงคล. การประยุกต์สถิติเพื่อการวิจัยทางสารสนเทศศาสตร์ (ตอนที่ 2). [Online]. Available : <https://www.gotoknow.org/posts/537116>.
- ศราวุธ มีพัฒน์. 2558. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดแผ่นซิลิคอนเวเฟอร์ ในโรงงานผลิตแผงวงจรรวม โดยการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรพิน ทวีบุญ. 2549. การสร้างความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ยอดสั่งซื้อและการจัดเตรียม Safety Stock ของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรรวม (IC) กรณีศึกษา บริษัทเซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด. เอกสารการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองตามหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย  
หอการค้าไทย.

Cheng-Nan Hu, Member, IEEE, and Hsuan-Chung Ko. 2011. **Improved IC Production Yield by Taking into Account the Electromagnetic Interference Level During Testing.** IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibilty, VOL.53, NO.2. 2011 (267-270)

EAGLE TEST SYSTEM ATERADYNE COMPANY. 2011. **Basic Programming ETS-364/600 REV.9.** เอกสารประกอบการอบรมการเขียน ETS โปรแกรม EAGLE TEST SYSTEM ATERADYNE COMPANY (อัดสำเนา)

EAGLE TEST SYSTEM ATERADYNE COMPANY. 2010. **EAGLE TEST SYSTEM CONFIDENTIAL PROPRIETARY.** เอกสารประกอบการอบรมการเขียน ETS โปรแกรม EAGLE TEST SYSTEM ATERADYNE COMPANY (อัดสำเนา)

Hua Hong Semiconductor Ltd. 2017. **กระบวนการ Wafer Sawing.** [Online]. Available : [http://www.huahonggrace.com/html/business\\_backside.php](http://www.huahonggrace.com/html/business_backside.php)

John T. Trnka, Delbert R. Cecchi. 1986. **Practical Limits of IC Testers.** ISSCC86 / Informal Discussion Session WE.2 / California Pavilion C / WED. FEB.19 1986

L.F. Fuller. 2001. **An advanced CMOS process for university microelectronics laboratory courses.** Published University/Government/Industry Microelectronics Symposium, 2001. Proceedings of the Fourteenth Biennial.

Samar K. Saha. 2016. **Emerging Business Trends in the Microelectronics Industry.** Published Online January 2016 in SciRes. [Online]. Available :<http://www.scirp.org/journal/ojbm>.

Teradyne Inc. 2017. **ETS88 System.** [Online]. Available : <http://www.teradyne.com/products/semiconductor-test/ets-88-test-system>

Yuh-Yih Lu, Da-Yuan Lin and Chung-Hsiung Yeh. 2011. **Improvement of Test Yield for IC Product.** Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference. (1125-1128)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงหัวหน้างานจำนวน 1 ท่าน
- ภาคผนวก ข หนังสือการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์งานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ฉบับ
- ภาคผนวก ค ตัวอย่างคำสั่งที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

## ภาคผนวก ก

หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงหัวหน้างานจำนวน 1 ท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 3805

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน คุณภาควงมิ นุชชัยย่อง (วิศวกรอาวุโส Test Product and Yield)  
บริษัทไมโครชิพเทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเข้าโครงการวิทยานิพนธ์ จำนวน ๓ ฉบับ  
๒. หัวข้อ

ด้วย นายเอกรัฐ โพธิ์เงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การ  
พัฒนาโปรแกรมทดสอบสำหรับการแปลงเครื่องทดสอบไอซี ในอุตสาหกรรมผลิตไอซี” โดยมี รศ.ภคิทธิพงศ์  
มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และได้รับอนุมัติหัวข้อและเข้าโครงการวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ ๑๓  
กรกฎาคม ๒๕๖๐ คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นางสาว  
จิราภา มุ่งเจริญ ทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ตัวไอซีในการทดสอบ ภายในหน่วยงานของ  
ท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

  
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๔-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๕๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๔-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๗-๓๗๐-๕๖๐๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

หนังสือการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์งานบัณฑิตศึกษาระดับ  
 อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ฉบับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ  
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2560 ให้ดำเนินการดังนี้

นายเอกรัฐ โพธิ์เงิน รหัสประจำตัว 58603060 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาโปรแกรม  
ทดสอบฟังก์ชันของเครื่องทดสอบไอซีรุ่น ETS88 (The Development of Function Test Program for  
ETS88 Tester)" โดยมี รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น  
ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ // กรกฎาคม พ.ศ. 2560

  
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน)  
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างคำสั่งที่พัฒนาขึ้น ในฟังก์ชันการทดสอบ Continuity Test เพื่อใช้ในเครื่องทดสอบไอซี แบบ ETS88 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

```
// Test Function: Cont
ETS_PRGFLOW_FUNC Cont( int DSIndex, LPCTSTR TestLabel )
{
    RESULTS_STR vMeasPWM_RT[2*NUM_SITES], vMeasVIN[NUM_SITES],
    vMeasVDD[NUM_SITES], vMeasLD_CS_GT[3*NUM_SITES];

    float iforce=-0.2f;//200uA

    //////////////////////////////////////
    // Update test numbering information
    SetTestNumber( TestNmbr[DSIndex] );
    SetSubTestNumber( SubTestNmbr[DSIndex] );

    alarmset( ALARM_OVERRANGE, OFF );
    cbitclose( K7, K10 ); //GATE to apu12 & RT to IO
    lwait(1000);
    dpinviset( "GP_IO_CONT", DPIN_FI, iforce, DPIN_10V, DPIN_32MA, 2.0, -2.0,
MS_ALL );
    lwait(2000);
    dpinmv( "GP_IO_CONT", 100, 13.0, MS_ALL );
//Cont_PWM & Cont_RT
    groupgetresults( vMeasPWM_RT,(2*NUM_SITES) );
    msScaleDataAll( -1, vMeasPWM_RT, 2*NUM_SITES );
    dpinviset( "GP_IO_CONT", DPIN_FV, 0, DPIN_10V, DPIN_32MA,
DPIN_CLAMP_OFF, DPIN_CLAMP_OFF, MS_ALL );

    apu12set( APU12_LD, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    apu12set( APU12_CS, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    apu12set( APU12_GT, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(2000);
    apu12mv( GP_APU12_CONT, 10, 13.0 );
//Cont_LD, Cont_CS & Cont_GT
    groupgetresults( vMeasLD_CS_GT, (3*NUM_SITES) );
    msScaleDataAll( -1, vMeasLD_CS_GT, 3*NUM_SITES );
    apu12set( GP_APU12_CONT, APU12_FV, 0, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );

```

```

//Cont_VIN
    apu12set( APU12_VIN, APU12_FI, iforce*4, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(2000);
    apu12set( APU12_VIN, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(2000);
    apu12mv( APU12_VIN, 10, 13.0 );
    groupgetresults( vMeasVIN, NUM_SITES );
    msScaleDataAll( -1, vMeasVIN, NUM_SITES );
    apu12set( APU12_VIN, APU12_OFF, 0, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );

```

```

//Cont_VDD
    apu12set( APU12_VDD, APU12_FI, iforce*4, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(5000);
    apu12set( APU12_VDD, APU12_FI, iforce, APU12_3p6V, APU12_1MA,
APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(5000);
    apu12mv( APU12_VDD, 10, 13.0 );
    groupgetresults( vMeasVDD, NUM_SITES );
    msScaleDataAll( -1, vMeasVDD, NUM_SITES );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    apu12set( APU12_VDD, APU12_FV, 0, APU12_3p6V, APU12_1MA,
    APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(5000);
    apu12set( APU12_VDD, APU12_OFF, 0, APU12_3p6V, APU12_1MA,
    APU12_PIN_TO_VI );

```

```

    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasPWM_RT, 2*NUM_SITES, 0, 2 ); //Show T#1
PWM
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasVDD); //VDD
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasLD_CS_GT, 3*NUM_SITES, 0, 3 ); //LD
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasPWM_RT, 2*NUM_SITES, 1, 2 ); //RT
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasLD_CS_GT, 3*NUM_SITES, 1, 3 ); //CS
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasLD_CS_GT, 3*NUM_SITES, 2, 3 ); //GT
    msLogResultAll( DSIndex++, vMeasVIN ); //VIN

    //power down
    lwait( 1000 );
    apu12set( GP_APU12_CONT, APU12_STANDBY, 0.0f, APU12_3p6V, APU12_1MA,
    APU12_PIN_TO_VI );
    dpinviset( "GP_IO_CONT", DPIN_OFF, 0.0f, DPIN_10V, DPIN_32MA,
    DPIN_CLAMP_OFF, DPIN_CLAMP_OFF, MS_ALL );
    cbitopen( ALL_CBIT );
    alarmset( ALARM_OVERRANGE, ON );

    return( msSiteStat( MS_ALL ) ); // Return w/status

} // END_ETS_PRGFLOW_FUNC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างคำสั่งที่พัฒนาขึ้น ในฟังก์ชันการทดสอบกระแสรั่วไหล Leakage เพื่อใช้ในเครื่องทดสอบไอซีแบบ ETS88 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Eagle Vision

```
// Test Function: Leakage
ETS_PRGFLOW_FUNC Leakage( int DSIndex, LPCTSTR TestLabel )
{
    RESULTS_STR iMeas[2*NUM_SITES];

    float IP_H=1.0f;
    float IP_L=0.0f;
    float VDD=7.5f;//Jane

    //////////////////////////////////////
    // Update test numbering information
    SetTestNumber( TestNmbr[DSIndex] );
    SetSubTestNumber( SubTestNmbr[DSIndex] );

    apu12set( APU12_VDD, APU12_FV, 0.0f, APU12_10V, APU12_100MA,
    APU12_PIN_TO_VI );
    apu12setcapload( APU12_VDD, APU12_FV, VDD, APU12_10V, APU12_100MA, 1
    , APU12_PIN_TO_VI );//Vdd=7.5V
    apu12setcapload( GP_APU12_CSLD, APU12_FV, IP_H, APU12_10V,
    APU12_10MA, 2 , APU12_PIN_TO_VI );
    apu12setcapload( GP_APU12_CSLD, APU12_FV, IP_H, APU12_10V,
    APU12_10UA, 1 , APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(8000);
    apu12mi( GP_APU12_CSLD, APU12_MI_1X, 100 , 13.0 );
    //Leak_CS_H, Leak_LD_H
    groupgetresults( iMeas, (2*NUM_SITES) );
    msScaleDataAll( 1000, iMeas, 2*NUM_SITES );//uA
    FOR_EACH_SITE( site, NUM_SITES )
    {
        iMeas[2*site].value=fabs(iMeas[2*site].value);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        iMeas[2*site+1].value=fabs(iMeas[2*site+1].value);
    }
    for ( int num=0; num<2; num++)
        msLogResultAll( DSIndex++, iMeas, 2*NUM_SITES, num, 2 );
                                //Show T#2,2.1 Leak_CS/LD_H

    apu12setcapload( GP_APU12_CSLD, APU12_FV, IP_L, APU12_10V,
APU12_10MA, 2 , APU12_PIN_TO_VI );
    apu12setcapload( GP_APU12_CSLD, APU12_FV, IP_L, APU12_10V,
APU12_10UA, 1 , APU12_PIN_TO_VI );
    lwait(8000);
    apu12mi( GP_APU12_CSLD, APU12_MI_1X, 100 , 13.0 );
//Leak_CS_L, Leak_LD_L
    groupgetresults( iMeas, (2*NUM_SITES) );
    msScaleDataAll( 1000, iMeas, 2*NUM_SITES );//uA
    FOR_EACH_SITE( site, NUM_SITES )
    {
        iMeas[2*site].value=fabs(iMeas[2*site].value);
        iMeas[2*site+1].value=fabs(iMeas[2*site+1].value);
    }
    for ( int num=0; num<2; num++)
        msLogResultAll( DSIndex++, iMeas, 2*NUM_SITES, num, 2 );
                                //Show T#2.2,2.3 Leak_CS/LD_L

    //power down
    apu12setcapload( APU12_VDD, APU12_FV, 0.0f, APU12_10V, APU12_100MA, 1
, APU12_PIN_TO_VI );
    apu12set( GP_APU12_CSLD, APU12_STANDBY, 0.0f, APU12_10V,
APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI );
    apu12set( APU12_VDD, APU12_OFF, 0.0f, APU12_10V, APU12_100UA,
APU12_PIN_TO_VI );
    return( msSiteStat( MS_ALL ) ); // Return w/status
} // END_ETS_PRGFLOW_FUNC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเอกรัฐ โพธิ์เงิน
วัน/เดือน/ปีเกิด	21 กรกฎาคม 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 12 หมู่ 6 ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี 71140
ประวัติการศึกษา	ปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาในระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนวัดดอนเจดีย์ ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จากโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ กาญจนบุรี อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากวิทยาลัยกาญจนบุรี อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาในระดับระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนาครเหนือ กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน Product Engineer บริษัท Microchip Technology Thailand Ltd. 14 หมู่ 1 ตำบลวังตะเคียน อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้