รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การแปลงการทดสอบ จากแบบ Standalone Test เป็นแบบ Instrip Test

Instrip Conversion project

นายธนบดี ศักดิ์ชัยสมบูรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การแปลงการทดสอบ จากแบบ Standalone Test เป็นแบบ Instrip Test

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนบดี ศักดิ์ชัยสมบูรณ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.นรินทร์ อติวงศ์แสงทอง

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายพิสิฐพงศ์ ขุนทิพย์

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการของเซมิคอนดักเตอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการทดสอบคุณสมบัติของทรานส์ซิฟเวอร์จากแบบ Standalone Test ไปเป็นแบบ Instrip Test โดยที่อุปกรณ์ภายใต้การทดสอบจะต้องเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของดาต้าชีต ที่ครอบคลุมในช่วงอุณหภูมิห้อง ซึ่งในการเปลี่ยนการทดสอบนี้ เราจะใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีอยู่ และจะเน้นพัฒนาโปรแกรมที่จะใช้กับการทดสอบแบบ Instrip test โดยจะช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบตัวงานได้เป็นอย่างมาก และยังให้คุณภาพในการทดสอบหรือค่า %Yeild ที่สูง เพื่อเป็นการคัดกรองตัวงานที่ไม่ดีออกก่อนจะส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตในขั้นตอนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Title: Instrip Conversion project

Student Intern Name: Thanabordee Sakchaisomboon

Faculty: Engineering **Department:** Electronics

Advisor Name: Narin Atiwongseangthong

Mentor Name: Pisitpong Kunthip

Company: NXP Manufacturing (Thailand) Ltd.

ABSTRACT

This project studied about the semiconductor process. Changing the method of testing the characteristics of the transistor from Standalone Test to Instrip Test, the equipment under test must be compared with the specification of the Datasheet that covers the room temperature range. Which, in changing this experiment. We will use the existing hardware. Focus on developing programs that will be used with Instrip test, which will greatly reduce the time it takes to test the job and also give high quality of testing or percent yeild in order to filter out the fail die before forwarding to the next step of production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยการแปลงการทดสอบ จากแบบ Standalone Test เป็นแบบ Instrip Test สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากนายพิสิฐพงศ์ ขุนทิพย์และนายพีรศักดิ์ ปานทอง พี่เลี้ยงที่ดูแลการวิจัยนี้ ที่คอยให้ความรู้ความเข้าใจในการทดสอบตัวงานเบื้องต้น และคอยช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด รวมไปถึงการใช้งานเครื่องจักรที่มีความเฉพาะเจาะจงในการใช้ เพื่อให้การทดสอบได้คุณภาพและคัดกรองตัวงานที่เสียออกก่อนจะส่งไปให้ลูกค้า ตรงตามคุณสมบัติที่ลูกค้าต้องการ โดยจะสอนให้รู้จักการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง เนื่องจากการทำงานในอนาคตจะไม่มีพี่เลี้ยงคอยดูแลอย่างใกล้ชิด จะต้องมีไหวพริบที่ใช้สำหรับแก้ปัญหา รวมไปถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ด็อกเตอร์นรินทร์ อติวงศ์แสงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัยที่เข้ามารับฟังการนำเสนอและให้คำแนะนำ ผู้ทำการวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ของคณะผู้จัดทำและรวมไปถึงเพื่อนๆที่ไปทำสหกิตที่บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด ที่คอยให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัยนี้ ทำให้ผลของการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่าการวิจัยนี้จะทำประโยชน์ให้กับบริษัท และสามารถนำไปใช้ในการทดสอบตัวงานต่อๆไป ซึ่งจะลดเวลาการทดสอบและเพิ่มเงินให้กับบริษัทได้ไม่มากก็น้อย

ธนบดี ศักดิ์ชัยสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ 3

2.2 ความแตกต่างระหว่างการทดสอบแบบ Standalone และแบบ Instrip 3

2.3 คุณสมบัติของ Tester type A 4

2.4 ตัวงาน 4

2.5 แนวคิดและแนวทางในการทำวิจัย 4

2.6 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมด้วย BU Auto Check list 5

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 6

3.1 ประชุมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากหลายแผนก 6

3.2 การอบรมเบื้องต้น 6

3.3 การ Modification single site debug socket 6

3.4 ขอตัวงาน STR สำหรับวิศวกร 7

3.5 การเขียนโปรแกรมทดสอบสำหรับตัวงาน 7

3.6 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม 14

บทที่ 4 ผลการวิจัย 19

4.1 การตรวจสอบโปรแกรมทดสอบสำหรับตัวงาน 19

4.2 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23
5.1 สรุปผลการวิจัย 23
5.2 ข้อเสนอแนะ 23
เอกสารอ้างอิง 24
ภาคผนวก 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การโหลดโปรแกรมทดสอบผิด	11
3.2	แสดงค่า Cp ของการทดสอบส่วน Leakage ที่มีค่า Cp < 12.3	16
3.3	แสดงค่า Cp ของการทดสอบส่วน Leakage หลังเพิ่ม wait time 1ms	16
4.1	ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short) ก่อนการทดสอบ	19
4.2	ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (open) ก่อนการทดสอบ	20
4.3	ตรวจสอบโปรแกรมส่วนกระแสรั่ว(Leakage test)	20
4.4	ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short) หลังการทดสอบ	21
4.5	ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (open) หลังการทดสอบ	22
4.6	ผลการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบตัวงานต้นแบบกับตัวงานที่วิจัย	4
3.1	Single Site debug socket	6
3.2	ตัวงาน STR	7
3.3	Standard device code version 5	10
3.4	ปัญหา Bin33 fail	13
3.5	ปัญหา Bin42 fail	13
3.6	รูปแบบของการทดสอบ Timing ของ pinA ก่อนแก้ไข	14
3.7	รูปแบบของการทดสอบ Timing ของ pinA หลังเพิ่ม INTSYNC1 ไป 1step	14
3.8	Maximum voltage และ Minimum voltage	14
3.9	Maximum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step voltage	15
3.10	Maximum voltage ของ pin1 หลังทำ Ramp step voltage	15
3.11	Minimum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step voltage	15
3.12	Minimum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step voltage	16
3.13	Excel แสดงการเทียบผลการทดสอบ ก่อนและหลังทำโปรแกรม	17
3.14	%Yield การทดสอบแบบ standalone ของตัวงานที่วิจัย	17
3.15	%Yield การทดสอบแบบ instrip ของตัวงานที่วิจัย	17
3.16	วิเคราห์ข้อมูลแล้วพล็อตลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CpkN กับ Delta sigma shift	17
3.17	เทียบข้อมูล pilot run หลังจากการแก้ BlockA	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การทดสอบตัวงานจะแบ่งการทดสอบขั้นสุดท้ายเป็น 2 แบบ Standalone และแบบ Instrip ซึ่งการทดสอบแบบ Standalone มีตัวงานที่ต้องทดสอบจำนวนมากและยังสามารถทดสอบตัวงานได้เพียงครั้งละ 1 ตัว ถ้าทำการเทียบกับการทดสอบแบบ Instrip ที่สามารถทดสอบตัวงานได้ครั้งละหลายๆตัว การทดสอบแบบ Instrip จึงเป็นการเพิ่มทางเลือกในการทดสอบตัวงานนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ปรับปรุงความยืดหยุ่นในการทดสอบ Final Test

1.2.2 ปรับปรุงขีดความสามารถในการทดสอบตัวงาน ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Instrip

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ตัวงานนี้จะเปลี่ยนมาใช้ฮาร์ดแวร์ของการทดสอบแบบ Instrip โดยจะเพิ่มการออกแบบ Contact Card สำหรับตัวงานนี้เท่านั้น ซึ่งวิจัยนี้จะเน้นทำในส่วนซอร์ฟแวร์หรือตัวโปรแกรมเป็นหลัก เพื่อใช้สำหรับการทดสอบตัวงานในรูปแบบ Instrip จำนวนต่อการทดสอบครั้งละ 6 ตัว

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ประชุมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากทุกส่วน

1.4.2 การอบรมเบื้องต้นเพื่อให้เข้าใจภาพรวมของขั้นตอนการผลิต

1.4.3 ศึกษาการทำงานของตัวงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการเขียนโปรแกรม

1.4.4 ส่งมล์ขอให้ทำ Contact Card Hardware สำหรับการทดสอบครั้งละ 6 ตัว

1.4.5 เขียนโปรแกรม

1.4.6 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมที่เขียน ต้องผ่าน BU Auto Check list ทุกรายการ

1.4.7 ทำการเปรียบเทียบผลของการทดสอบของโปรแกรม Standalone กับ Instrip

1.4.8 นำเสนอผล ให้พี่วิศวกรในกลุ่มฟัง

1.4.9 นำเสนอผล ให้พี่วิศวกรทีมอื่นฟัง เพื่อตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพิ่มทางเลือกในการทดสอบตัวงาน

1.5.2 ใช้เวลาในการทดสอบตัวงานน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบตัวงานจะมีการทดสอบเหมือนการทำแลปที่มีเครื่องออสซิโลสโคป, สายไฟ, ดิจิตอลมิเตอร์ แต่ในโรงงานไม่สามารถทำแบบนั้นได้เนื่องจากตัวงานมีจำนวนมากและต้องการความเร็วในการทดสอบ จึงมีเครื่องจักรที่เรียกว่า Tester ที่ทำหน้าที่แทนออสซิโลสโคปและดิจิตอลมิเตอร์เพื่อใช้ในการจ่ายไฟและวัดค่า และมี Handler ทำหน้าที่เคลื่อนตัวงานมาให้ Tester ทำการทดสอบ ซึ่งก่อนจะเขียนโปรแกรมควบคุมการทดสอบตัวงานนี้ได้ต้องมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นของตัวงานนี้ก่อน

- ทรานซีฟเวอร์ (Transceiver)
- รีเลย์ (Relay)
- ไดโอด (Diode)

2.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

2.1.1 เทสเตอร์ (Tester)

2.1.2 แฮนเลอร์ (Handler)

2.1.3 โหลดบอร์ด (Loadboard)

2.1.4 คอนแท็กการ์ด (Contact Card)

2.1.5 โปโกริง (Pogo Ring)

2.2 ความแตกต่างระหว่างการทดสอบแบบ Standalone และแบบ Instrip

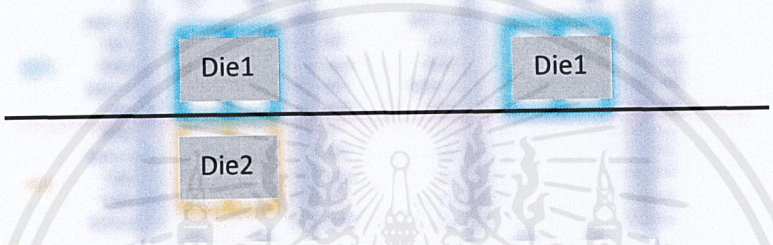
ระหว่างการทดสอบทั้ง 2 แบบ จะใช้ Tester ชนิดเดียวกันโดยจะให้ชื่อสมมุติเป็น Tester type A ซึ่งจะแตกต่างที่ ชนิดของ Loadboard, contact card สำหรับตัวงานและ Handler โดยสมมุติชื่อเป็น Handler stand และ Handler strip โดยการทดสอบแบบ Standalone ที่ใช้ Handler stand จะมีการทดสอบตัวงานเป็นหลอด(tube) และสามารถทดสอบตัวงานได้ครั้งละ 1ตัว ซึ่งการทดสอบแบบ Instrip ที่ใช้ Handler Strip จะมีการทดสอบตัวงานเป็นแผ่น(fram) ซึ่งจะทดสอบตัวงานได้ครั้งละหลายๆตัว ซึ่งในการวิจัยนี้เราทดสอบครั้งละ 6 ตัว โดยในส่วน Hardware จะใช้ Tester type A, Universal Loadboard Strip, Pogo ring, contact card for device และ Handler Strip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติของ Tester type A

- ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่าย(source) และมิเตอร์(meter)ได้ ซึ่งสามารถวัดค่าได้ทั้งการวัดแรงดันไฟฟ้า(Voltage) และกระแสไฟฟ้า(Current)
- แหล่งจ่ายโวลต์(Voltage source) มี Range เดียว คือ 20V
- แหล่งจ่ายกระแส(Current source) มี 5 Range คือ 4 ไมโครแอมป์, 40 ไมโครแอมป์, 400 ไมโครแอมป์, 4 มิลลิแอมป์ และ 40 มิลลิแอมป์

2.4 ตัวงาน



ตัวงานต้นแบบ ตัวงานที่วิจัย

ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบตัวงานต้นแบบกับตัวงานที่วิจัย

โครงสร้างภายในของทั้ง 2 ตัวงาน มีโครงสร้าง Die1 เหมือนกัน และตัวงานต้นแบบจะมี Die2 แต่ตัวงานที่เราทำการวิจัยจะไม่มี Die2 จะเป็นพินว่างแต่ทั้งสองตัวอยู่ใน package เดียวกันนั้นคือ DHVQFN 24 พิน ซึ่งตัวงานต้นแบบตอนนี้ทดสอบแบบ Instrip Test อยู่แล้ว

2.5 แนวคิดและแนวทางในการทำวิจัย

2.5.1 แนวคิดการใช้งานฮาร์ดแวร์

- มี Tester รองรับการทดสอบแบบ instrip โดยจะทำการออกแบบ Contact Card ที่ใช้กับตัวงานนี้เพิ่มเท่านั้น โดยทางบริษัทเป็นคนดำเนินการในส่วนนี้

2.5.2 แนวคิดการอัพเดตซอฟต์แวร์

- ปรับปรุงโปรแกรมทดสอบเพื่อให้ใช้ได้กับทั้ง 2 ตัวงาน ตัวงานต้นแบบ และตัวงานที่วิจัย
- อัพเดต Standard device code version 5
- ปรับปรุงการป้องกันการโหลดโปรแกรมทดสอบผิดตัวงาน
- เพิ่มส่วนการตรวจสอบกระแสรั่ว (Leakage test group) ให้ทั้ง 2 ตัวงาน
- ปรับปรุงปัญหาที่พบกับตัวงานต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมด้วย BU Auto Check list

2.6.1 Open Socket คือการทดสอบคุณสมบัติของ Device ขณะไม่มีตัวงาน ซึ่งจะตรวจจับการทดสอบที่ผ่าน เนื่องจากว่าการที่ไม่มีตัวงาน ทุกการทดสอบควรที่จะได้ผลว่าไม่ผ่าน เป็นการตรวจสอบที่สามารถช่วยลดปัญหาที่ Device ไม่มีประสิทธิภาพจะส่งไปถึงลูกค้า

2.6.2 Spike Check คือการตรวจสอบแรงดันที่เราไม่ต้องการ โดยจะใช้ Oscilloscope มาจับสัญญานแรงดันที่ขาของตัวงานแต่ละขา ตลอดช่วงเวลาของการทดสอบตัวงาน โดยจะดูภาพรวมของแรงดัน และรวมไปถึงสัญญานที่สูงที่สุด ซึ่งสำคัญมากเนื่องจากแรงดันที่เราจ่ายอาจมีการ Over Shoot ของสัญญาณ อาจส่งผลทำให้ Device ได้รับความเสียหายได้ เพราะฉะนั้นถ้ามีแรงดันที่สูงกว่าที่ต้องการก็จะทำการลดส่วนของแรงดันที่เกินนั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากการทดสอบได้

2.6.3 Stability Check คือการทดสอบคุณสมบัติของ Device 1ตัว ซ้ำๆ เพื่อดูค่าที่ได้จากการทดสอบทุกครั้งมีค่าความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยจะเอามาพล็อตเพื่อดูการกระจายของข้อมูลแต่ละการทดสอบ ซึ่งสามารถคำนวณออกมาเป็นค่าที่ใช้พิจารณาได้เป็นค่า Cp (Process Capability) หรือเป็นค่าการกระจายของข้อมูลเทียบความเหมาะสมกับช่วงลิมิตที่ตั้งไว้

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

USL : Upper specification limit

LSL : Lower specification limit

และในแต่ละการทดสอบค่า Cp ไม่ควรที่จะน้อยกว่า 12.3

2.6.4 Sanity Check & Test Program Compare คือการตรวจสอบจำนวนของการทดสอบของโปรแกรมที่ทำการเขียน มีจำนวนการทดสอบครบตามของ Standalone ไม่มีการทดสอบที่ไม่ได้ทำการทดสอบ ถ้ามีการเพิ่มหรือลดการทดสอบก็จะต้องเป็นไปตามโปรแกรมที่เขียน

2.6.5 Pilot run & Delta Sigma Analysis(DSA) คือขั้นตอนสุดท้ายในการตรวจสอบคุณสมบัติและคุณภาพ โดยทำการทดสอบโดยการทดสอบเหมือนใช้งานจริงในสายการผลิต โดยการใช้งานทดสอบสำหรับวิศวะกร(STR) เพื่อหาค่า Yield ที่การทดสอบแบบ Standalone และแบบ Instrip เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่าง Yield ทั้ง 2 การทดสอบ และนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบ delta sigma analysis(DSA) เพื่อดูคุณภาพของการทดสอบ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 Block เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ได้แก่ BlockA เป็นการทดสอบที่มีค่า CpkN < 1.67 และ Shift > 1.5 ซึ่งต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากในการแก้ไขการทดสอบนี้ เพราะอาจจะทำให้เกิดปัญหาค่า Yield ได้

BlockB เป็นการทดสอบที่มีค่า CpkN < 1.67 และ Shift < 1.5 ซึ่งในบล็อกนี้โดยส่วนมากจะเป็นการทดสอบที่มีค่า CpkN ต่ำ

BlockC เป็นการทดสอบที่มีค่า 1.67 < CpkN < 3 และ Shift > 1.5 โดยในบล็อกนี้สามารถรอดูผลหลังการ pilot run เพื่อพิจารณาการทดสอบนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชุมผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากหลายแผนก

PE/TE ต้องการให้มีการประชุม โดยเชิญวิศวกรจากแผนก MTE/FT Production, Planner, Assembly, Packing และ IT เพื่อประสานงานว่าเราจะมีการทำการวิจัยตัวงานนี้ โดยมีแนวคิดที่จะนำตัวงานที่แต่เดิมทดสอบด้วย Standalone Test จะเปลี่ยนรูปแบบการทดสอบมาเป็น Instrip Test และมีการเพิ่มการทดสอบกระแสรั่วไหลให้กับการทดสอบ เพื่อให้ทุกแผนกรับทราบและให้คำตอบว่าสามารถสนับสนุนให้สำเร็จลุล่วงได้ หรือมีปัญหาก็จะนำมาพูดคุยเพื่อหาข้อสรุปก่อนที่จะเริ่มทำการวิจัย

3.2 การอบรมเบื้องต้น

3.2.1 อธิบายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับตัวงาน

3.2.2 แนวคิดและแนวทางในการทำการวิจัย

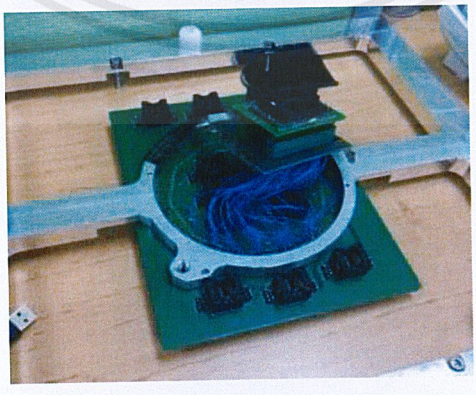
3.2.3 ฮาร์ดแวร์และสกริมเมตริก

3.2.4 การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

3.2.5 การใช้งานฮาร์ดแวร์และโหลดโปรแกรมทดสอบ

3.3 การ Modification single site debug socket

เพื่อความสะดวกในการทำทดสอบโปรแกรมเบื้องต้นสำหรับวิศวกรจะเริ่มทดสอบจะใช้ debug socket เพื่อความสะดวกในการ setup และง่ายต่อการแก้ไข ซึ่ง debug socket ของตัวงานนี้เราจะใช้ของตัวงานอื่นมาทำการดัดแปลงเพื่อให้สามารถใช้ได้กับ socket ของตัวงานนี้



ภาพที่ 3.1 Single Site debug socket

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขอตัวงาน STR สำหรับวิศวกร

งาน STR เป็นตัวงานที่วิศวกรจะใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมที่เขียนขึ้น ซึ่งงาน STR จะเป็นตัวงานจริงที่เหมือนกับงานที่จะใช้ในการทดสอบเพื่อส่งลูกค้า แต่จะเป็น lot ที่ทำขึ้นมาเพื่อให้วิศวกรใช้เท่านั้น โดยการทดสอบแบบ Instrip ตัวงาน STR จะอยู่ในรูปแบบ Frams ซึ่งจะมีตัวงานทั้งหมด 270 ตัวต่อ 1แผ่น

ภาพที่ 3.2 ตัวงาน STR

3.5 การเขียนโปรแกรมทดสอบสำหรับตัวงาน

3.5.1 ปรับปรุงโปรแกรมทดสอบเพื่อให้ใช้ได้กับทั้ง 2 ตัวงาน ตัวงานต้นแบบ และตัวงานที่วิจัย

การปรับปรุงนี้จะใช้โปรแกรมทดสอบของตัวงานต้นแบบซึ่งทดสอบในแบบ Instrip มาปรับปรุงเพื่อให้สามารถใช้ได้กับตัวงานที่ทำการวิจัยด้วย (1 โปรแกรมสามารถใช้ทดสอบได้กับ 2 ตัวงาน) โดยโปรแกรมที่ทำการเขียนจะเน้นไปในส่วนหลักๆ 3 ส่วน ประกอบไปด้วย

3.5.1.1 โปรแกรมส่วน Contact (short/open) ก่อนการทดสอบ

การตรวจสอบส่วน Contact เราจะเลือกใช้วิธี OddPin/EvenPin ในการตรวจสอบการช็อตและ Open ของพินข้างเคียงโดยจะเก็บค่าของพินคู่ไว้ในตัวแปรอาเรย์ OddPin และจะเก็บค่าของพินคี่ไว้ในอีกตัวแปรที่ชื่อ EvenPin

- จ่าย voltage ให้พินที่สนใจ ซึ่งแต่ละพินจะจ่ายโวลต์ไม่เท่ากัน
- วัดค่า voltage พินที่สนใจ จำนวน 16 ครั้งเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัด แล้วนำค่าทั้ง 16 ค่ามาเก็บอยู่ในรูปของ Array โดยจะตั้งชื่อ Array เป็น Measure โดยทำการประกาศ Array Measure ไว้แล้ว

```
Measure = { Measure[0], Measure[1], Measure[2], Measure[3],
            Measure[4], Measure[5], Measure[6], ..., Measure[95]
```

ตำแหน่งของ Array A0 – A15 จะเป็นค่าของการวัดที่ site1

ตำแหน่งของ Array A16 – A31 จะเป็นค่าของการวัดที่ site2

ตำแหน่งของ Array A32 – A47 จะเป็นค่าของการวัดที่ site3

ตำแหน่งของ Array A48 – A63 จะเป็นค่าของการวัดที่ site4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของ Array A64 – A79 จะเป็นค่าของการวัดที่ site5

ตำแหน่งของ Array A80 – A95 จะเป็นค่าของการวัดที่ site6

```
OddPin = { [ MeasurePin1(site1), MeasurePin3(site1), MeasurePin5(site1), ..., MeasurePin15(site1) ],      ; site1
           [ MeasurePin1(site2), MeasurePin3(site2), MeasurePin5(site2), ..., MeasurePin15(site2) ],      ; site2
           [ MeasurePin1(site3), MeasurePin3(site3), MeasurePin5(site3), ..., MeasurePin15(site3) ],      ; site3
           [ MeasurePin1(site4), MeasurePin3(site4), MeasurePin5(site4), ..., MeasurePin15(site4) ],      ; site4
           [ MeasurePin1(site5), MeasurePin3(site5), MeasurePin5(site5), ..., MeasurePin15(site5) ],      ; site5
           [ MeasurePin1(site6), MeasurePin3(site6), MeasurePin5(site6), ..., MeasurePin15(site6) ] }     ; site6
```

- เมื่อได้ค่าหลังจาก Average แต่ละ site ก็จะเอาไปใส่ใน Array อีกกล่อง

ถ้าเป็นการตรวจสอบ Pin1 พร้อมกันทั้ง 6sites ก็จะใช้ Array ในตำแหน่ง OddPin[0] ซึ่งก็จะเป็นค่า **MeasurePin1(site1), MeasurePin1(site2), MeasurePin1(site3), MeasurePin1(site4), MeasurePin1(site5), MeasurePin1(site6)** ของแต่ละ site ไปเปรียบเทียบกับค่าช่วง limit ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ถ้าอยู่ในช่วง limit ที่ตั้งไว้ ก็จะแสดงผล Pass ใน Result แต่ถ้า site ที่อยู่นอกช่วง limit ก็จะแสดงผล Fail ใน Result แทน

- เมื่อทำของ OddPin เสร็จ ของ EvenPin ก็ใช้รูปแบบเดียวกับพินคี่ ตั้งแต่การจ่าย Voltage จนมาหลังการ Average แต่ละ site ก็จะเอาไปใส่ใน Array อีกกล่อง

```
EvenPin = { [ MeasurePin2(site1), MeasurePin4(site1), MeasurePin6(site1), ..., MeasurePin16(site1) ],      ; site1
            [ MeasurePin2(site2), MeasurePin4(site2), MeasurePin6(site2), ..., MeasurePin16(site2) ],      ; site2
            [ MeasurePin2(site3), MeasurePin4(site3), MeasurePin6(site3), ..., MeasurePin16(site3) ],      ; site3
            [ MeasurePin2(site4), MeasurePin4(site4), MeasurePin6(site4), ..., MeasurePin16(site4) ],      ; site4
            [ MeasurePin2(site5), MeasurePin4(site5), MeasurePin6(site5), ..., MeasurePin16(site5) ],      ; site5
            [ MeasurePin2(site6), MeasurePin4(site6), MeasurePin6(site6), ..., MeasurePin16(site6) ] }     ; site6
```

ถ้าเป็นการตรวจสอบ Pin2 พร้อมกันทั้ง 6sites ก็จะใช้ Array ในตำแหน่ง EvenPin[0] ซึ่งก็จะเป็นค่า **MeasurePin2(site1), MeasurePin2(site2), MeasurePin2(site3), MeasurePin2(site4), MeasurePin2(site5), MeasurePin2(site6)** ของแต่ละ site ไปเปรียบเทียบกับค่าช่วง limit ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ถ้าอยู่ในช่วง limit ที่ตั้งไว้ ก็จะแสดงผล Pass ใน Result แต่ถ้า site ที่อยู่นอกช่วง limit ก็จะแสดงผล Fail ใน Result แทน

3.5.1.2 โปรแกรมส่วน Contact (short/open) หลังการทดสอบ

การตรวจสอบส่วน Contact หลังการทดสอบเราจะเลือกใช้วิธี OddPin/EvenPin เหมือนกับการตรวจสอบก่อนการทดสอบ ในการตรวจสอบการช็อตและ Open ของพินข้างเคียงโดยจะเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของพินคู่ไว้ในตัวแปรอาเรย์ OddPin1 และจะเก็บค่าของพินคี่ไว้ในอีกตัวแปรที่ชื่อ EvenPin1

- จ่าย voltage ให้พินที่สนใจ ซึ่งแต่ละพินจะจ่ายโวลต์ไม่เท่ากัน

- วัดค่า voltage พินที่สนใจ จำนวน 16 ครั้งเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัด แล้วนำค่าทั้ง 16 ค่ามาเก็บอยู่ในรูปของ Array โดยจะตั้งชื่อ Array เป็น Measure โดยทำการประกาศ Array Measure ไว้แล้ว

```
Measure = { Measure[0], Measure[1], Measure[2], Measure[3],
            Measure[4], Measure[5], Measure[6], ..., Measure[95]
```

ตำแหน่งของ Array A0 – A15 จะเป็นค่าของการวัดที่ site1

ตำแหน่งของ Array A16 – A31 จะเป็นค่าของการวัดที่ site2

ตำแหน่งของ Array A32 – A47 จะเป็นค่าของการวัดที่ site3

ตำแหน่งของ Array A48 – A63 จะเป็นค่าของการวัดที่ site4

ตำแหน่งของ Array A64 – A79 จะเป็นค่าของการวัดที่ site5

ตำแหน่งของ Array A80 – A95 จะเป็นค่าของการวัดที่ site6

- เมื่อได้ค่าหลังจาก Average แต่ละ site ก็จะเอาไปใส่ใน Array อีกกล่อง

```
OddPin =  { [ MeasurePin1(site1), MeasurePin3(site1), MeasurePin5(site1), ..., MeasurePin15(site1) ],      ; site1
            [ MeasurePin1(site2), MeasurePin3(site2), MeasurePin5(site2), ..., MeasurePin15(site2) ],      ; site2
            [ MeasurePin1(site3), MeasurePin3(site3), MeasurePin5(site3), ..., MeasurePin15(site3) ],      ; site3
            [ MeasurePin1(site4), MeasurePin3(site4), MeasurePin5(site4), ..., MeasurePin15(site4) ],      ; site4
            [ MeasurePin1(site5), MeasurePin3(site5), MeasurePin5(site5), ..., MeasurePin15(site5) ],      ; site5
            [ MeasurePin1(site6), MeasurePin3(site6), MeasurePin5(site6), ..., MeasurePin15(site6) ] }     ; site6
```

ถ้าเป็นการตรวจสอบ Pin1 พร้อมกันทั้ง 6sites ก็จะใช้ Array ในตำแหน่ง OddPin[0] ซึ่งก็จะเป็นค่า **MeasurePin1(site1), MeasurePin1(site2), MeasurePin1(site3), MeasurePin1(site4), MeasurePin1(site5), MeasurePin1(site6)** ของแต่ละ site ไปเปรียบเทียบกับค่าช่วง limit ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ถ้าอยู่ในช่วง limit ที่ตั้งไว้ ก็จะแสดงผล Pass ใน Result แต่ถ้า site ที่อยู่นอกช่วง limit ก็จะแสดงผล Fail ใน Result แทน

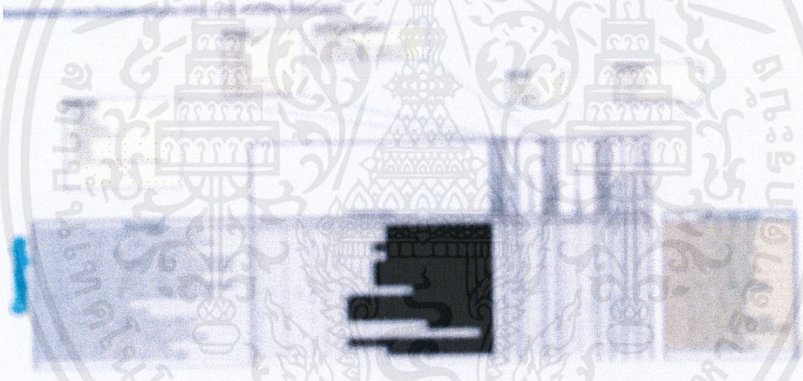
- เมื่อทำของ OddPin เสร็จ ของ EvenPin ก็ใช้รูปแบบเดียวกับพินคี่ ตั้งแต่การจ่าย Voltage จนมาหลังการ Average แต่ละ site ก็จะเอาไปใส่ใน Array อีกกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EvenPin = { [ MeasurePin2(site1), MeasurePin4(site1), MeasurePin6(site1), ..., MeasurePin16(site1) ],      ; site1
            [ MeasurePin2(site2), MeasurePin4(site2), MeasurePin6(site2), ..., MeasurePin16(site2) ],      ; site2
            [ MeasurePin2(site3), MeasurePin4(site3), MeasurePin6(site3), ..., MeasurePin16(site3) ],      ; site3
            [ MeasurePin2(site4), MeasurePin4(site4), MeasurePin6(site4), ..., MeasurePin16(site4) ],      ; site4
            [ MeasurePin2(site5), MeasurePin4(site5), MeasurePin6(site5), ..., MeasurePin16(site5) ],      ; site5
            [ MeasurePin2(site6), MeasurePin4(site6), MeasurePin6(site6), ..., MeasurePin16(site6) ] }     ; site6
```

ถ้าเป็นการตรวจสอบ Pin2 พร้อมกันทั้ง 6sites ก็จะใช้ Array ในตำแหน่ง EvenPin[0] ซึ่งก็จะเป็นค่า **MeasurePin2(site1), MeasurePin2(site2), MeasurePin2(site3), MeasurePin2(site4), MeasurePin2(site5), MeasurePin2(site6)** ของแต่ละ site ไปเปรียบเทียบกับค่าช่วง limit ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ถ้าอยู่ในช่วง limit ที่ตั้งไว้ ก็จะแสดงผล Pass ใน Result แต่ถ้า site ที่อยู่นอกช่วง limit ก็จะแสดงผล Fail ใน Result แทน

3.5.2 ตั้งชื่อโปรแกรมให้เป็นมาตรฐานตามรูปแบบของ Standard device code version 5



ภาพที่ 3.3 Standard device code version 5

Standard device code version 5 เป็นเวอร์ชั่นปัจจุบันที่ทางบริษัทใช้ตอนที่วางแผนทำการวิจัยนี้ แต่ตอนนี้จะเป็นเวอร์ชั่น 6 แล้ว ซึ่งเป็นการตั้งชื่อโปรแกรมการทดสอบให้เป็นชื่อมาตรฐาน เพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าใจความหมายได้ตรงกันและก็ง่ายต่อความเข้าใจ

Product name : Product1(ต้นแบบ), Product2(ที่วิจัย)

Under scroll : _

Fab location : C = ICN8

Fab version : A1

Under scroll : _

Number of site : 006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Under scroll : _

Test Stage : I = Instrip Test

Temperature : R = Room

Test Stage sequence : 1

ก่อนอัพเดต Standard device code version 5

Product1_CXX_KXX_001AF และ

Product2_CXX_KXX_001AF

หลังการอัพเดต Standard device code version 5

Product1_CA1_006_IR1 และ

Product2_CA1_006_IR1

3.5.3 ปรับปรุงการป้องกันการโหลดโปรแกรมทดสอบผิด

ตัวงาน	ใช้โปรแกรม	ผลการทดสอบ
Product 1(ต้นแบบ)	Product2_CA1_006_IR1	Fail bin 11(short circuit fail)
Product 2(ที่วิจัย)	Product1_CA1_006_IR1	Fail bin 11(short circuit fail)

ตารางที่ 3.1 การโหลดโปรแกรมทดสอบผิด

ซึ่งโปรแกรมที่เขียนสามารถป้องกันความผิดพลาดในการโหลดโปรแกรมทดสอบผิดตัวงานได้ ซึ่งผลการทดสอบจะออกมาเป็น fail bin 1 และ bin 2 ซึ่งจะสามารถรู้ได้ตั้งแต่การทดสอบแรกหรือการทดสอบ Contact แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องทำการป้องกัน

3.5.4 เพิ่มส่วนการตรวจสอบกระแสรั่ว (Leakage test group)

- การตรวจสอบจะวัดกระแสรั่วของ pinX, pinY และ pinZ เพียง 3pins เท่านั้นในตัวงานที่วิจัย แต่ในตัวงานต้นแบบมี 2Dies ดังนั้นในตัวงานต้นแบบจะทดสอบทั้งหมด 6pins

- จ่าย voltage ให้พินที่สนใจ ซึ่งแต่ละพินจะจ่ายโวลต์ไม่เท่ากัน

- วัดค่า voltage พินที่สนใจ จำนวน 16 ครั้งเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัด แล้วนำค่าทั้ง 16 ค่ามาเก็บอยู่ในรูปของ Array โดยจะตั้งชื่อ Array เป็น Measure โดยทำการประกาศ Array Measure ไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Measure = { Measure[0], Measure[1], Measure[2], Measure[3],
            Measure[4], Measure[5], Measure[6], ..., Measure[15] }
```

ตำแหน่งของ Array A0 – A15 จะเป็นค่าของการวัดที่ site1

ตำแหน่งของ Array A16 – A31 จะเป็นค่าของการวัดที่ site2

ตำแหน่งของ Array A32 – A47 จะเป็นค่าของการวัดที่ site3

ตำแหน่งของ Array A48 – A63 จะเป็นค่าของการวัดที่ site4

ตำแหน่งของ Array A64 – A79 จะเป็นค่าของการวัดที่ site5

ตำแหน่งของ Array A80 – A95 จะเป็นค่าของการวัดที่ site6

```
ValuePin1 = { ValuePin1[site1], ValuePin1[site2], ValuePin1[site3],
              ValuePin1[site4], ValuePin1[site5], ValuePin1[site6], }
```

ถ้าเป็นการตรวจสอบส่วนกระแสรั่วของ Pin1 พร้อมกันทั้ง 6sites ก็จะใช้ Array ในตำแหน่ง

ValuePin1[0] หรือ **MeasurePin1(site1)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site1

ValuePin1[1] หรือ **MeasurePin1(site2)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site2

ValuePin1[2] หรือ **MeasurePin1(site3)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site3

ValuePin1[3] หรือ **MeasurePin1(site4)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site4

ValuePin1[4] หรือ **MeasurePin1(site5)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site5

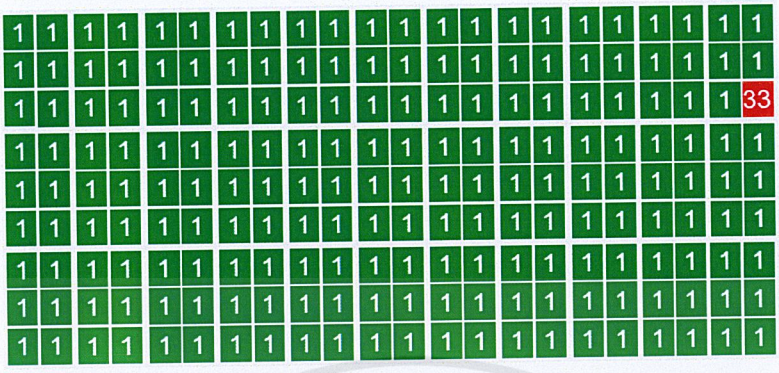
ValuePin1[5] หรือ **MeasurePin1(site6)** จะเป็นค่ากระแสรั่วของ site6

ของแต่ละ site ไปเปรียบเทียบกับค่าช่วง limit ที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ถ้าอยู่ในช่วง limit ที่ตั้งไว้ ก็จะแสดงผล Pass ใน Result แต่ถ้า site ที่อยู่นอกช่วง limit ก็จะแสดงผล Fail ใน Result แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

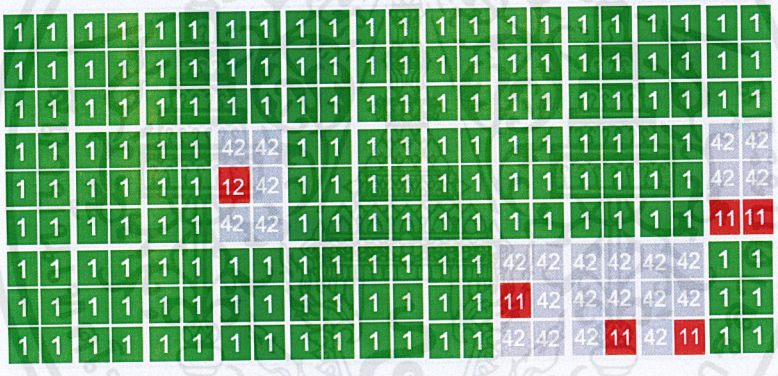
3.5.5 ปรับปรุงปัญหา(issue) ที่พบของโปรแกรมทดสอบต้นแบบ

- Bin33 fail every 1st touchdown on any pin.



ภาพที่ 3.4 ปัญหา Bin33 fail

- BIN11/12 fail causes BIN42 failure within the same touchdown.



ภาพที่ 3.5 ปัญหา Bin42 fail

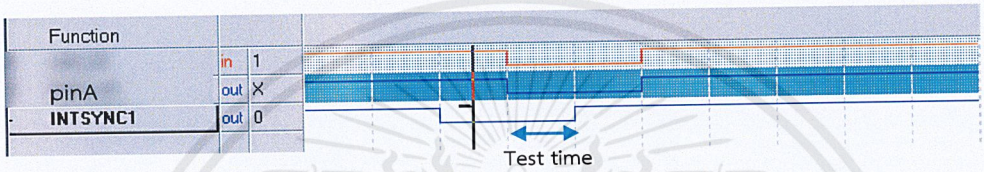
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม

3.6.1 Open Socket

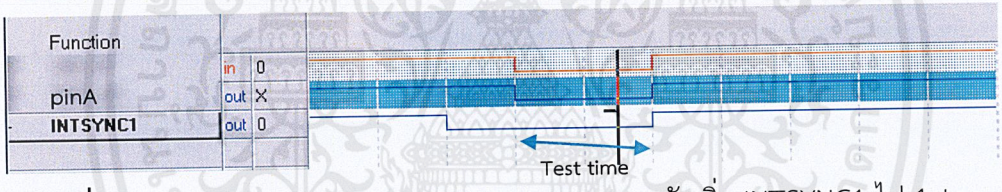
พบ 1 การทดสอบที่กลุ่มการตรวจสอบ Timing ซึ่งเป็นการการทดสอบที่นับเวลาที่เริ่มวัดถึงหยุดการวัดของ pinA โดยที่ INTSYNC1 จะเป็นเวลาในการวัด เวลาจาก pinA ถึงขอบขาขึ้นของ INTSYNC1 อ่านได้ 5.0183 us ส่งผลให้ผ่าน upper limit ที่ 5.0200 us จึงต้องเพิ่มช่วงเวลาในการวัดออกไป 1 step หรือเท่ากับ 5us ซึ่งจะได้ผลหลังการแก้เป็นไปตามรูปที่ 4.2

xxxxxxx “Test Name” "Pin A" 0.8493 > 5.0183 < 5.0200 us



ภาพที่ 3.6 รูปแบบของการทดสอบ Timing ของ pinA ก่อนแก้ไข

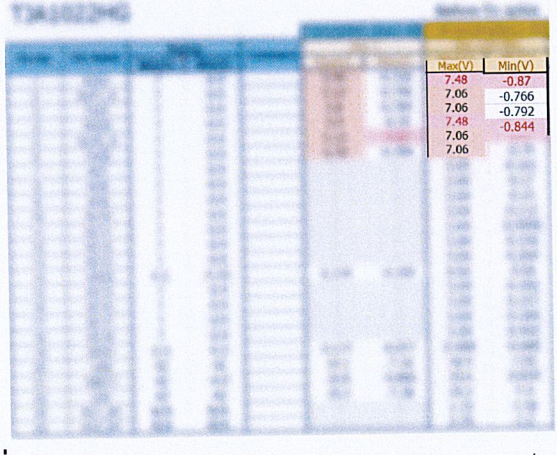
xxxxxxx “Test Name” "Pin A" 0.8493 > 10.0497 < 5.0200 us



ภาพที่ 3.7 รูปแบบของการทดสอบ Timing ของ pinA หลังเพิ่ม INTSYNC1 ไป 1step

3.6.2 Spike Check

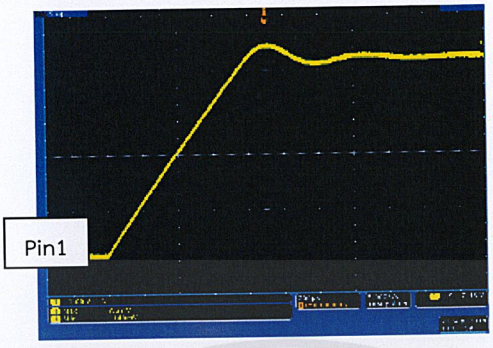
หลังจากวัดสัญญาณด้วย Osciloscope และเก็บค่า Max/Min Voltage ของแต่ละพิน โดยพิน1-6 จากโปรแกรมการทดสอบจะจ่ายสูงสุดอยู่ที่ 7V แต่มี 2 พินที่วัด Maximum voltage ได้ถึง 7.48 V เราจะไปดูที่รูปสัญญาณที่วัดมาได้



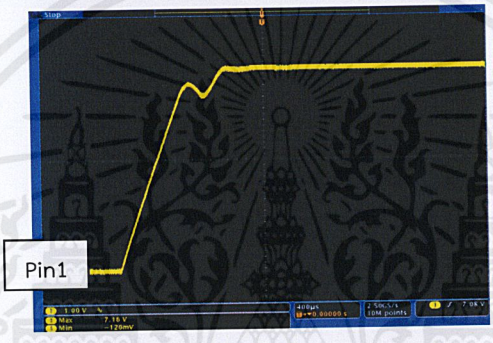
ภาพที่ 3.8 Maximum voltage และ Minimum voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากดูสัญญาณที่พิน 1,4 จะพบว่าพิน 1,4 มีการ Overshoot ของสัญญานขาขึ้น 0 - 7V โดยเราจะต้องลดการ Overshoot ของสัญญาณโดยจะใช้วิธี Ramp step voltage จาก 0 – 5V – 6 - 6.7V – 7V



ภาพที่ 3.9 Maximum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step



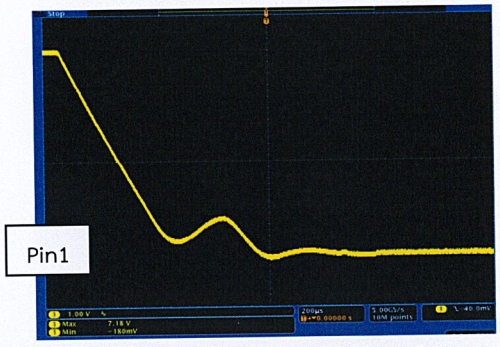
ภาพที่ 3.10 Maximum voltage ของ pin1 หลังทำ Ramp step voltage

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าก่อนหน้าโวลต์สูงสุดที่พิน1 ได้ 7.48V แต่เมื่อทำ Ramp step voltage จะวัดโวลต์สูงสุดที่พิน1 ได้ 7.08V ซึ่งลดลงจากก่อนหน้า 0.40 V

ภาพที่ 3.11 Minimum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step voltage

จากรูปที่ 4.6 จะยังพบว่ามี Undershoot ที่ขอบขาลงของ 2 พินนี้อีกด้วย โดยจะใช้วิธีเดียวกันโดยจะใช้วิธี Ramp step down voltage จาก 3 – 2V – 1V – 0.3V – 0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 Minimum voltage ของ pin1 ก่อนทำ Ramp step voltage

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าก่อนหน้าจะวัดโวลต์ต่ำสุดได้ -0.87V ที่พิน1 และ -0.844V ที่พิน4 แต่เมื่อทำ Ramp step down voltage จะอ่านโวลต์ต่ำสุดที่พิน1 ได้ -0.04V ซึ่งลดลงจากก่อนหน้า 0.83V

3.6.3 Stability Check

มีการทดสอบ 1 การทดสอบ มีค่า Cp ไม่ผ่าน ซึ่งเป็นการทดสอบในส่วน Leakage test

	Cp(site1)	Cp(site2)	Cp(site3)	Cp(site4)	Cp(site5)	Cp(site6)
Initial TP	15.6196	13.1752	12.0069	11.7808	11.6547	11.4994

ตารางที่ 3.2 แสดงค่า Cp ของการทดสอบส่วน Leakage ที่มีค่า Cp < 12.3

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าที่ site3 - site6 มีค่า Cp ที่น้อยกว่า 12.3 เราจะต้องไปดูการพล็อตข้อมูล 200loop เพื่อดูค่าการกระจายของข้อมูล(Distribution) จะพบว่ามีค่าการกระจายของข้อมูลมาก เราจึงดูโค้ดการเขียนโปรแกรมและจับสัญญาณดู จะพบว่าโปรแกรมเริ่มอ่านค่าตั้งแต่ตอนที่โวลต์ยังจ่ายไม่ถึง 7V หรือยังไม่คงที่(stable) เราจึงต้องใส่ wait time 1ms เพื่อรอโวลต์จ่ายถึง 7โวลต์ก่อนแล้วจึงทำการอ่านค่า

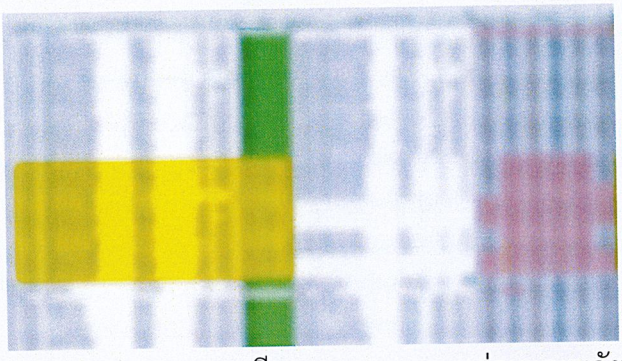
	Cp(site1)	Cp(site2)	Cp(site3)	Cp(site4)	Cp(site5)	Cp(site6)
Initial TP	17.8173	15.6185	16.4654	18.8013	12.8693	21.2916

ตารางที่ 3.3 แสดงค่า Cp ของการทดสอบส่วน Leakage หลังเพิ่ม wait time 1ms

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าหลังจากเพิ่ม wait time 1ms ก็ไปเก็บข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ใหม่ ซึ่งผลที่ออกมาค่า Cp ของทุก site ก็มีค่ามากกว่า 12.3 ดังนั้นทุกการทดสอบผ่าน stability check แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 Sanity Check & Test Program Compare



ภาพที่ 3.13 Excel แสดงการเทียบผลการทดสอบ ก่อนและหลังทำโปรแกรม

เราตรวจสอบผลข้อมูลของทุกการทดสอบ จะพบว่าทำการทดสอบครบทุกการทดสอบ และมี test number, testname, pin name และ test limit ถูกต้องตามที่ได้เขียนขึ้นม

3.6.5 Pilot run & Delta Sigma Analysis(DSA)

ในการทดสอบ Instrip แบบ Full setup เพื่อดูคุณภาพของโปรแกรมในการใช้ทดสอบเหมือนจริงแบบต่อเนื่อง จะใช้ตัวงานจำนวน 5400 ตัวเป็นตัวแทน แล้วนำผลข้อมูลมาวิเคราห์คุณภาพตาม BU Auto check list อีกรอบ

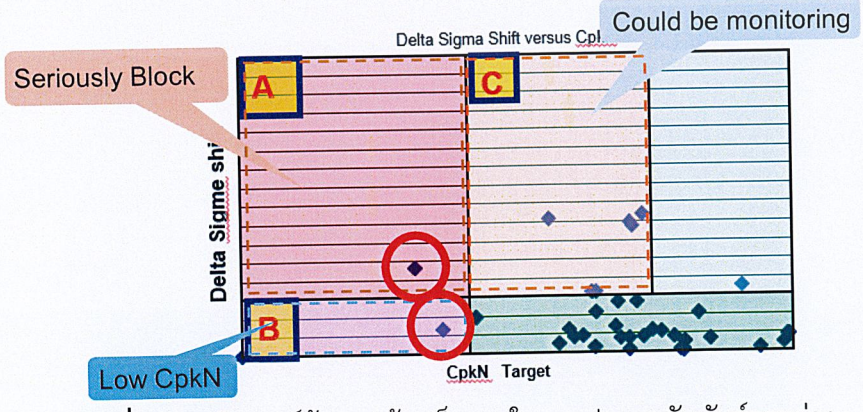
Total Tested:	4767528
Total Pass:	4745174
%Yield:	99.53

ภาพที่ 3.14 %Yield การทดสอบแบบ standalone ของตัวงานที่วิจัย

Total Tested:	5400
Total Pass:	5387
%Yield:	99.76

ภาพที่ 3.15 %Yield การทดสอบแบบ instrip ของตัวงานที่วิจัย

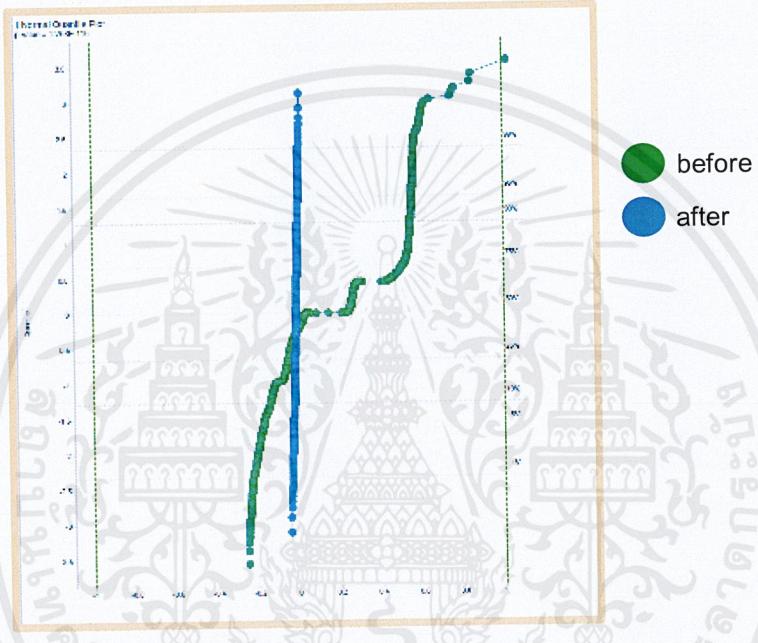
นำข้อมูลจากการทำ pilot run มาทำการวิเคราห์คุณภาพ



ภาพที่ 3.16 วิเคราห์ข้อมูลแล้วพล็อตลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CpkN กับ Delta sigma shift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องทำการแก้การทดสอบที่อยู่ใน BlockA และ BlockB ซึ่งการทดสอบใน BlockA เป็นการทดสอบที่มีค่า CpkN ต่ำ และมีการ Shift ของข้อมูลมากเมื่อเทียบกับของ Standalone จึงนำข้อมูลมาพล็อตจะเห็นว่าค่าการกระจายของข้อมูลมีค่ามาก(Distribution) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่จ่าย Voltage แบบฉับพลัน แล้วทำการอ่านในขณะที่ Voltage ยังไม่นิ่ง จึงทำการแก้ไขโดยการเพิ่มdelay time เพื่อรอ Voltage คงที่ตามที่ต้องการก่อน จึงทำการอ่านค่า ส่วนการทดสอบใน BlockB จะเห็นว่าช่วง limit ของการทดสอบนี้ไม่เหมาะสมกับข้อมูล จึงปรึกษา Product Engineer เพื่อแก้ไขช่วง limit ให้เหมาะสมกับข้อมูล



ภาพที่ 3.17 เทียบข้อมูล pilot run หลังจากการแก้ BlockA

หลักจากใส่ Delay time แล้วจะเห็นว่าการกระจายของข้อมูล(Distribution) มีความ stable ส่งผลให้มีค่า CpkN มากขึ้นและมีการ Shift น้องลง จากการทำการวิเคราะห์อีกครั้งจะเห็นว่าการทดสอบนี้ไม่ได้อยู่ในบล็อกอีกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การตรวจสอบโปรแกรมทดสอบสำหรับตัวงาน

โปรแกรมที่ทำการเขียนจะเน้นไปในส่วนหลักๆ 3 ส่วน ประกอบไปด้วย

4.1.1) ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short/open) ก่อนการทดสอบ

4.1.2) ตรวจสอบโปรแกรมส่วนกระแสรั่ว(Leakage test)

4.1.3) ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short/open) หลังการทดสอบ

4.1.1 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short/open) ก่อนการทดสอบ

จับทีละ pin ลงกราวด์(เอาลง GND) เพื่อตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม (14pins ไม่รวม GND 2pin)

Pin	Pin status	Result
Pin 1	Connect to GND	Fail (Pin 1 short)
Pin 2	Connect to GND	Fail (Pin 2 short)
Pin 3	Connect to GND	Fail (Pin 3 short)
Pin 4	Connect to GND	Fail (Pin 4 short)
Pin 5	Connect to GND	Fail (Pin 5 short)
Pin 6	Connect to GND	Fail (Pin 6 short)
Pin 7	Connect to GND	Fail (Pin 7 short)
Pin 8	Connect to GND	Fail (Pin 8 short)
Pin 9	Connect to GND	Fail (Pin 9 short)
Pin 10	Connect to GND	Fail (Pin 10 short)
Pin 11	Connect to GND	Fail (Pin 11 short)
Pin 12	Connect to GND	Fail (Pin 12 short)
Pin 13	Connect to GND	Fail (Pin 13 short)
Pin 14	Connect to GND	Fail (Pin 14 short)

ตารางที่ 4.1 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short) ก่อนการทดสอบ

จากการตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact สามารถตรวจสอบการ short กันระหว่างพินได้ทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเอาตัวงานออกจาก socket เพื่อตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact(open) เนื่องจากว่าไม่มีตัวงานอยู่ทุกพินก็จะไม่มีการ connect กับตัวงาน ก็จะ Fail open circuit (14pinsไม่รวมGND 2pin)

Pin	Pin status	Result
Pin 1	Not connect	Fail (Pin 1 open)
Pin 2	Not connect	Fail (Pin 2 open)
Pin 3	Not connect	Fail (Pin 3 open)
Pin 4	Not connect	Fail (Pin 4 open)
Pin 5	Not connect	Fail (Pin 5 open)
Pin 6	Not connect	Fail (Pin 6 open)
Pin 7	Not connect	Fail (Pin 7 open)
Pin 8	Not connect	Fail (Pin 8 open)
Pin 9	Not connect	Fail (Pin 9 open)
Pin 10	Not connect	Fail (Pin 10 open)
Pin 11	Not connect	Fail (Pin 11 open)
Pin 12	Not connect	Fail (Pin 12 open)
Pin 13	Not connect	Fail (Pin 13 open)
Pin 14	Not connect	Fail (Pin 14 open)

ตารางที่ 4.2 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (open) ก่อนการทดสอบ

4.1.2 ตรวจสอบโปรแกรมส่วนกระแสรั่ว(Leakage test)

ค่ากระแสที่อ่านได้ของโปรแกรมส่วนนี้จะต้องมีค่าประมาณใกล้เคียงค่า 0 A และในการตรวจสอบโปแกรมส่วนนี้ จะทำการแก้ไขโปรแกรมเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยจากที่จ่ายโวลต์ 7V แล้วจึงวัดค่ากระแสที่รั่ว แต่จะเปลี่ยนการวัดกระแสเป็นวัดค่าโวลต์แทน ซึ่งควรวัดได้ค่าใกล้เคียง 7V ตามที่จ่ายให้กับพินนั้นๆ

Pin	ตัวงานต้นแบบ (Die1 และ Die2)	ตัวงานที่วิจัย (Die1)
Pin1(Die1)	7 Volt	7 Volt
Pin2(Die1)	7 Volt	7 Volt
Pin3(Die1)	7 Volt	7 Volt
Pin1(Die2)	7 Volt	-
Pin2(Die2)	7 Volt	-
Pin3(Die2)	7 Volt	-

ตารางที่ 4.3 ตรวจสอบโปรแกรมส่วนกระแสรั่ว(Leakage test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short/open) หลังการทดสอบ

หยุดการทดสอบก่อนจะถึงการทดสอบ Contact ครั้งที่ 2 หลังการทดสอบ แล้วจับพินต่อลงกราวด์(เอาลง GND) เก็บทีละพิน เพื่อตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม (14pins ไม่รวม GND 2pin)

Pin	Pin status	Result
Pin 1	Connect to GND	Fail (Pin 1 short)
Pin 2	Connect to GND	Fail (Pin 2 short)
Pin 3	Connect to GND	Fail (Pin 3 short)
Pin 4	Connect to GND	Fail (Pin 4 short)
Pin 5	Connect to GND	Fail (Pin 5 short)
Pin 6	Connect to GND	Fail (Pin 6 short)
Pin 7	Connect to GND	Fail (Pin 7 short)
Pin 8	Connect to GND	Fail (Pin 8 short)
Pin 9	Connect to GND	Fail (Pin 9 short)
Pin 10	Connect to GND	Fail (Pin 10 short)
Pin 11	Connect to GND	Fail (Pin 11 short)
Pin 12	Connect to GND	Fail (Pin 12 short)
Pin 13	Connect to GND	Fail (Pin 13 short)
Pin 14	Connect to GND	Fail (Pin 14 short)

ตารางที่ 4.4 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (short) หลังการทดสอบ

นำเอาตัวงานออกจาก socket เพื่อตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact(open) เนื่องจากว่าไม่มีตัวงานอยู่ทุกพินก็จะไม่มีการ connect กับตัวงาน ก็จะ Fail open circuit (14pinsไม่รวมGND 2pin)

Pin	Pin status	Result
Pin 1	Not connect	Fail (Pin 1 open)
Pin 2	Not connect	Fail (Pin 2 open)
Pin 3	Not connect	Fail (Pin 3 open)
Pin 4	Not connect	Fail (Pin 4 open)
Pin 5	Not connect	Fail (Pin 5 open)
Pin 6	Not connect	Fail (Pin 6 open)
Pin 7	Not connect	Fail (Pin 7 open)
Pin 8	Not connect	Fail (Pin 8 open)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin 9	Not connect	Fail (Pin 9 open)
Pin 10	Not connect	Fail (Pin 10 open)
Pin 11	Not connect	Fail (Pin 11 open)
Pin 12	Not connect	Fail (Pin 12 open)
Pin 13	Not connect	Fail (Pin 13 open)
Pin 14	Not connect	Fail (Pin 14 open)

ตารางที่ 4.5 ตรวจสอบโปรแกรมส่วน Contact (open) หลังการทดสอบ

4.2 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม

BU Auto Check List	ผลการตรวจสอบ
- Open Socket	ผ่าน
- Spike Check	ผ่าน
- Stability Check	ผ่าน
- Sanity Check & Test Program Compare	ผ่าน
- Pilot run & Delta Sigma Analysis(DSA)	ผ่าน

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบของ Pilot Run คือ ในการทดสอบคุณสมบัติแบบ Full setup ในรูปแบบ Production ผลที่ได้จากการทดสอบแบบ Instrip มีค่า Yield เท่ากับ 99.76% และการทดสอบแบบ Standalone มีค่า Yield เท่ากับ 99.53% จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาจากค่า Yield ที่ได้จากการทดสอบทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของค่า Yield อยู่ที่ 0.23% จึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมของการทดสอบแบบ Instrip นี้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับโปรแกรมของการทดสอบแบบ Standalone แต่จะใช้เวลาในการทดสอบที่น้อยลง เนื่องจากแต่เดิมการทดสอบแบบ Standalone จะใช้เวลา 1.00 วินาที/1ตัว แต่โปรแกรมของการวิจัยนี้ในการทดสอบแบบ Instrip จะใช้เวลา 1.04 วินาที/6ตัว จะเห็นว่าโปรแกรมแบบ Instrip จะใช้ระยะเวลาในการทดสอบคุณสมบัติลดลงได้ถึง 82.67% ซึ่งการลดเวลาการทดสอบจะต่อเนื่องถึงเงินที่สามารถลดลงไปได้ถึง USD $15 ต่อการทดสอบตัวงานนี้ 1000 ตัว

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการเทียบค่า Yield เนื่องจากเวลาที่จำกัด จึงได้เทียบข้อมูลกับข้อมูลย้อนหลังของการทดสอบแบบ Standalone ซึ่งถ้าทำการเปรียบเทียบควรจะเป็นตัวงานตัวเดียวกัน โดยนำตัวงานที่ทำการทดสอบในรูปแบบ Instrip ที่อยู่ในรูปแบบแผ่น fram(270ตัว) ไปตัดแยกเป็นตัวๆแล้วนำไปทดสอบในรูปแบบ Standalone เพื่อลดการ Eror ของผลที่นำมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

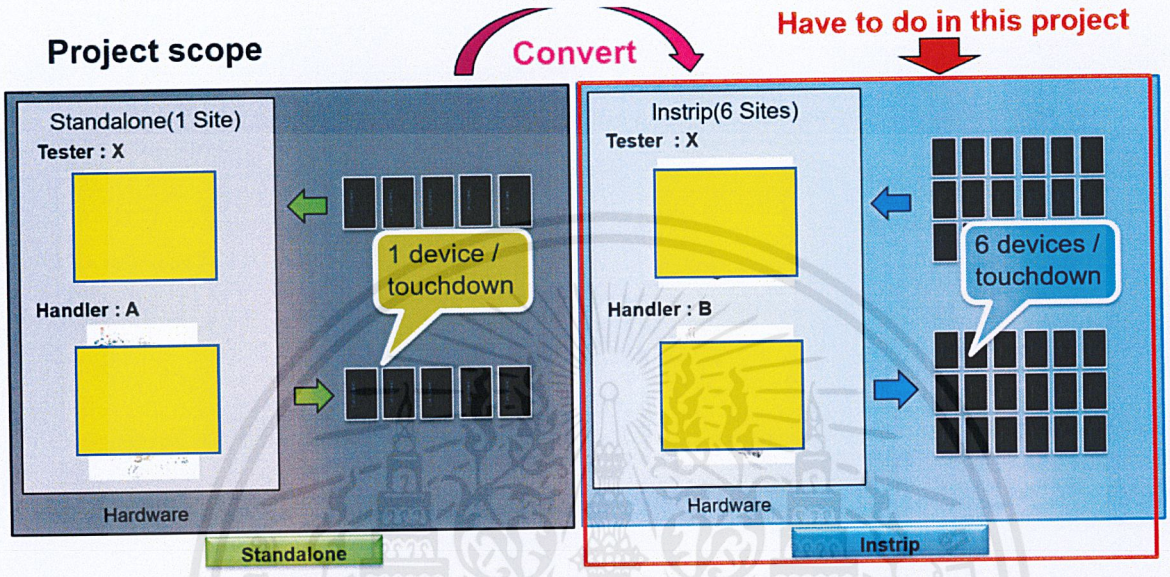
เอกสารอ้างอิง

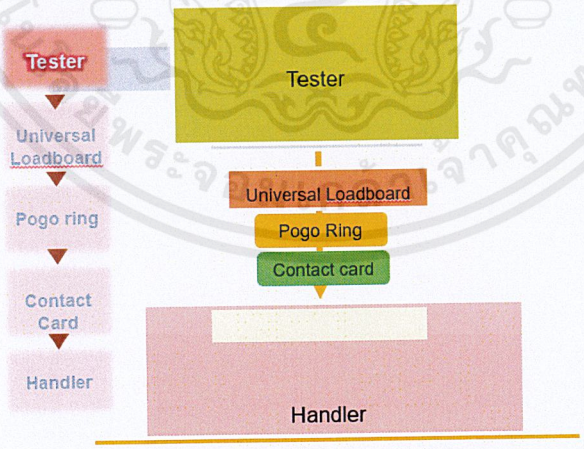
[1] เกียรติณรงค์ ทองประเสริฐ. (2554). การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฉบับร่าง รุ่น 0.5. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ธนัญชัย ตรีภาค. (2557). คอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม (Computers and Programming) C และ Java. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

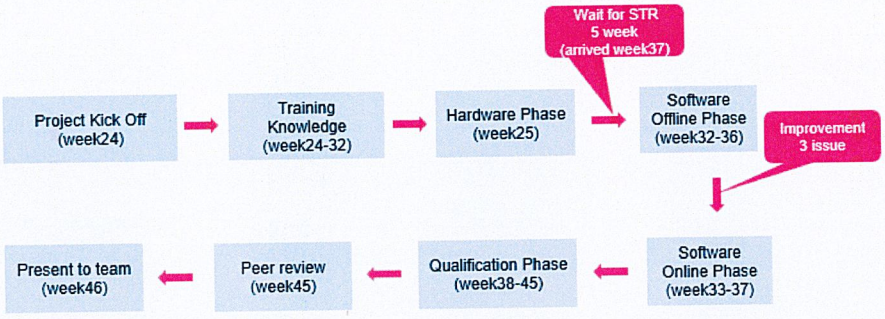




การ setup ฮาร์ดแวร์สำหรับทดสอบตัวงานแบบ Instrip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Plan



Cp = (UTL-LTL) / (6 * Std dev)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้