รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การแปลงโปรแกรม Multi-site
(Multi-site Conversion)

นางสาวจันทร์เพ็ญ ภัทรธนธร

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148494

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การแปลงโปรแกรม Multi-site

(Multi-site Conversion)

นางสาวจันทร์เพ็ญ ภัทรธนธร

b 11287088 2
l

เลขหมู่ 148494
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี 30 มี.ค. 2560

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การแปลงโปรแกรม Multi-site
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวจันทร์เพ็ญ ภัทรธนธร
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อาจารย์ เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา และ ผศ. ดร. กิติพล ชิตสกุล
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณรัฐภูมิ ติดพรม
สถานประกอบการ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ไทยแลนด์ จำกัด ได้ดำเนินธุรกิจผลิตวงจรรวม ซึ่งนโยบายของบริษัทคือส่งออกวงจรรวมที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานให้ตรงตามความต้องการของกลุ่มต่างๆ เช่น ลูกค้าอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มอุตสาหกรรมการแพทย์ ในกลุ่มอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการเจริญเติบโตและขยายทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมากในขณะนี้ โดยในการทดสอบสินค้าที่มีคุณภาพนั้นต้องมีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะได้รับการออกแบบโดยทีมวิศวกร และในส่วนซอฟแวร์ที่ใช้ในการทดสอบตัวงานจะได้รับการออกแบบด้วยทีมวิศวกรทดสอบ ซึ่งการทดสอบตัวงานนั้นจะอ้างอิงกับการใช้งานจริงของกลุ่มลูกค้าเพื่อลดปัญหาสินค้าไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

จากที่กล่าวมานั้น ในส่วนของซอฟแวร์ หรือโปรแกรม ที่ใช้ในการทดสอบตัวงาน จะต้องมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทดสอบอย่างแม่นยำและเที่ยงตรง นอกเหนือจากนี้ คือการเขียนโปรแกรมให้สามารถทดสอบตัวงานได้ครั้งละหลายๆ ชิ้นงานเพื่อลดเวลาในการผลิตสินค้า และก่อให้เกิดผลกำไรสูงสุด โดยโครงงานนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรม ที่ทดสอบชิ้นงานได้เพียงครั้งละหนึ่งชิ้นงาน ให้สามารถทดสอบได้หลายๆ ชิ้นงานในหนึ่งครั้ง

คำสำคัญ : Multi-site conversion, Single site, Tester, ETS, IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title Multi-Site Conversion
Student Intern Name Miss. Janpen Pattaratanatorn
Faculty Engineering **Department** Electronics
Advisor name Mr. Chaloemphan Wangwiwattana and
Asst.Prof. Kitiphol Chitsakul
Mentor name Mr. Rattapoom Tidprom
Company Maxim Integrated products (Thailand) Co., ltd

ABSTRACT

Maxim Integrated Products (Thailand) Co., ltd operates about producing of integrating circuits, a policy of the company is to produce good quality ICs on standards of variety group of customer such as automotive Industries, cloud data, medical health care which are now growing up and widely expanding. To test the efficiency of products, we use hardware along with software. Hardware part was designed by engineering team while software part was designed by Test Engineering team. We made the test program infer to the customer request spec. so the product will meet the customer requirement.

In software (or programming) which uses to test product must be developed to make more precision and more accuracy. Making the program more efficiency, is to convert program from single-site to multi-sites which can test multiple products at a time. This helps for reducing test time and keeps profitable. The propose of this project was to present about developing program to Multi-sites testing.

Keywords: **Multi-site conversion, Single site, Tester, ETS, IC**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษานี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีมิได้ หากไม่ได้รับคำแนะนำที่ดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการสหกิจ, อาจารย์ที่ปรึกษาของทางภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, คุณสัญญา สายเจริญ (หัวหน้าแผนก), คุณรัฐภูมิ ติดพรม (ผู้นิเทศงาน), และทีมวิศวกรของทางบริษัท แม็กซิม อินทิเกรทเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด แผนก TSDA และ TPE ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงาน นอกจากนี้ทางบริษัทยังให้การดูแลนักศึกษาอย่างดี คอยแนะนำแนวทางการทำงานจริงในสายงานที่ตรงกับสาขาวิชาที่เรียน เพื่อประยุกต์ใช้ในชีวิตการทำงานในอนาคต โดยเป็นระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจทั้งหมด 4 เดือน งถ้าขาดบุคคลเหล่านี้โครงงานนี้อาจไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ดี จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
ABSTRACT.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....V
สารบัญรูปภาพ.....VI
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 องค์ประกอบในการทดสอบ.....3
2.1.1 Tester.....3
2.1.2 Hardware.....8
2.1.3 Software.....9
2.1.4 Test Solution.....10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ
3.1 Multi-site Conversion.....13
3.2 Test-time Reduction.....16
3.3 Gage Study.....16
3.3 Deglitch.....18
3.5 Dry Run.....21
บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน
4.1 แผนการดำเนินงาน.....22
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....23
เอกสารอ้างอิง.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แผนการดำเนินการ.....30

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่ถูกทดสอบระหว่าง
โปรแกรม Single-site กับ Quad-site.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ระบบทดสอบ....3
รูปที่ 2.2 เครื่อง ETS-88TM....4
รูปที่ 2.3 การ์ด APU....5
รูปที่ 2.4 แผนภาพบล็อกไดอะแกรม SPU-112....6
รูปที่ 2.5 การ์ด DPU....6
รูปที่ 2.6 การ์ด QTMU....7
รูปที่ 2.7 C-Bit Detail....8
รูปที่ 2.8 C-Bit Block Diagram....8
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการเขียนโค้ดร่วมกันโปรแกรม Microsoft Visual Studio....9
รูปที่ 3.1 โค้ด Multi-site....13
รูปที่ 3.2 Pin Map....14
รูปที่ 3.3 Repeatability และ Reproducibility....16
รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบข้อมูลแบบ R&R....17
รูปที่ 3.5 Scope Shot pin Class2....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ไทยแลนด์ จำกัด ได้ดำเนินธุรกิจผลิตวงจรรวม ซึ่งนโยบายของบริษัทคือส่งออกวงจรรวมที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานให้ตรงตามความต้องการของกลุ่มต่างๆ เช่น ลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มอุตสาหกรรมการแพทย์ ในกลุ่มอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการเจริญเติบโตและขยายทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมากในขณะนี้ โดยในการทดสอบสินค้าที่มีคุณภาพนั้นต้องมีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะได้รับการออกแบบโดยทีมวิศวกร และในส่วนซอฟแวร์ที่ใช้ในการทดสอบตัวงานจะได้รับการออกแบบด้วยทีมวิศวกรทดสอบ ซึ่งการทดสอบตัวงานนั้นจะอ้างอิงกับการใช้งานจริงของกลุ่มลูกค้าเพื่อลดปัญหาสินค้าไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

ชิ้นงานของบริษัทที่ส่งออกให้ลูกค้าต้องผ่านการทดสอบร้อยเปอร์เซ็นต์ก่อนจะถึงมือลูกค้า ซึ่งบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ เป็นฝ่ายทดสอบตัวงาน IC หลังจากผ่านกระบวนการบรรจุชิ้นงาน (Packaging) มาแล้ว โดยระบบทดสอบนั้นจะต้องมีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง ดังนั้นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ทดสอบถือว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญที่จะทำให้งานออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม เพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพิ่มปริมาณการผลิต จึงมีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทดสอบชิ้นงานได้หลายๆ ชิ้นงานในการทดสอบเพียงครั้งเดียว จึงเป็นที่มาของโครงงานที่ได้รับมอบหมายให้ออกแบบโปรแกรม Multi-site conversion

1.2 วัตถุประสงค์

1. เป็นการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานหลายไซต์ (Multi-site) เพื่อประหยัดเวลาในการทดสอบชิ้นงาน
2. เป็นการพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
3. เป็นการเรียนรู้การ Debug โปรแกรม เมื่อเกิดปัญหาในการทดสอบชิ้นงาน
4. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. เพื่อศึกษาขั้นตอนดำเนินงานต่างๆในการผลิตและทดสอบวงจรรวม (IC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงงานนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทดสอบชิ้นงานได้ 8 ไซต์ อย่างแม่นยำและเที่ยงตรง โดยไม่มีความผิดพลาด

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลำดับและวิธีการทดสอบชิ้นงาน
2. ศึกษาทำความเข้าใจวงจรบนบอร์ด
3. ศึกษาตัวอย่างโค้ดในการเขียนโปรแกรมทดสอบ
4. ปรับปรุงโค้ดเดิม ให้สามารถใช้งาน Multi-site ได้
5. ทดสอบและ debug โปรแกรม
6. เก็บข้อมูลผลการทดสอบ

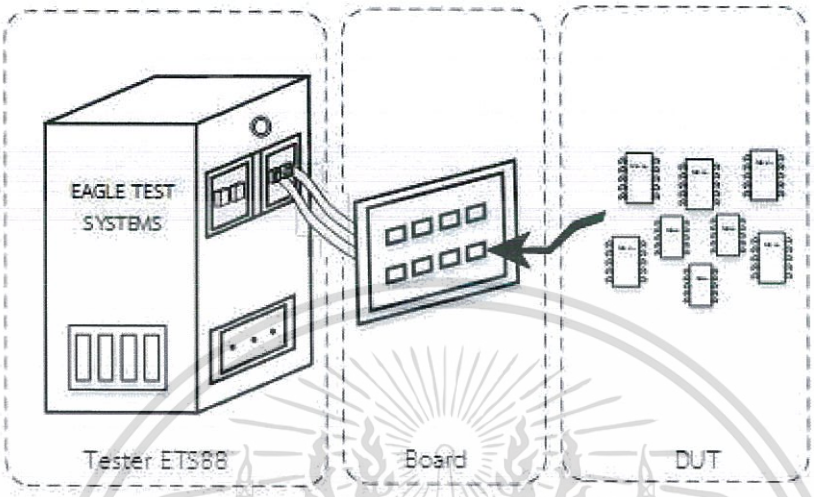
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้และเข้าใจวงจรไฟฟ้า
2. เรียนรู้การใช้งาน Tester ต่างๆ
3. มีความเข้าใจกระบวนการทำงานในบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ (ประเทศไทย)
4. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้งานจริง
5. สามารถเขียนโปรแกรมภาษาซีในลักษณะการใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี



รูปที่ 2.1 ระบบทดสอบ

ในระบบทดสอบจะประกอบไปด้วยส่วนหลัก ๆ เครื่องทดสอบ บอร์ดทดสอบงาน และชิ้นงาน ตามดังรูปที่ 2.1 เป็นระบบทดสอบที่ใช้งานจริงโดยยกตัวอย่างมาจากตัวทดสอบ ETS-88 หน้าที่หลัก ๆ ของเครื่องทดสอบคือ การสร้างสัญญาณ และวัดสัญญาณ โดยภายในเครื่องทดสอบจะประกอบไปด้วยการ์ดต่าง ๆ ที่ใช้สร้างสัญญาณ มิเตอร์สำหรับวัดสัญญาณ และคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล บอร์ดทดสอบงานจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างเครื่องทดสอบงานกับชิ้นงาน โดยบนบอร์ดทดสอบงานจะมีวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบสำหรับทดสอบชิ้นงาน ซึ่งการออกแบบวงจรนี้เป็นหน้าที่ของวิศวกรทดสอบ

เมื่อผลิตวงจรรวมมาตัวหนึ่ง เราจะรู้ได้อย่างไรว่าเป็นงานดีหรืองานเสีย ดังนั้นในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จึงมีกระบวนการทดสอบ เพื่อทำให้มั่นใจว่าเป็นงานที่มีคุณภาพ ซึ่งกระบวนการทดสอบขั้นต้น

2.1 องค์ประกอบในการทดสอบ

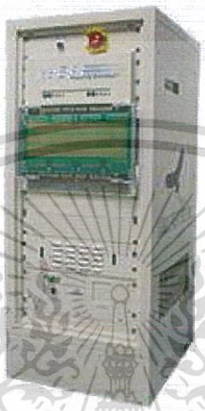
สิ่งสำคัญที่จำเป็นในการทดสอบ ประกอบด้วย Tester, Hardware, Software และ Test Solution

2.1.1 Tester

Tester คือเครื่องมือที่ใช้ทดสอบชิ้นงาน IC โดยเครื่องที่ใช้ทดสอบชิ้นงาน NQ86 ใช้โครงงานนี้คือ เครื่อง ETS-88 เครื่อง ETS-88 นี้เป็น แพลตฟอร์มการทดสอบที่ดีที่สุดสำหรับการทดสอบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลากหลายของอุปกรณ์ รวมทั้งมีความแม่นยำสูง ใช้กับค่าแรงดันไฟฟ้า กำลังงานและกระแสสูงๆ สามารถใช้งานกับสัญญาณแบบผสมได้ รวมถึงงานทางด้านยานยนต์ เครื่องเสียงและวีดีโอ ระบบนี้ถูกปรับแต่งให้เหมาะสำหรับการส่งผ่านระดับสูง และใช้ค่าใช้จ่ายต่ำ ในการทดสอบหลายๆไซต์, ไซต์เดียว หรือการทดสอบแบบขนาน ฮาร์ดแวร์ระบบการทดสอบได้รับการออกแบบให้มีการใช้ทรัพยากรที่แยกกันอย่างอิสระในแต่ละไซต์ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างไซต์ ขณะเดียวกันก็มีการปรับปรุงการทดสอบในแต่ละไซต์ให้มีความแม่นยำในการวัด



รูปที่ 2.2 เครื่อง ETS-88TM

เครื่องทดสอบจะทำหน้าที่สร้างและวัดสัญญาณแรงดันและกระแสไฟฟ้าเพื่อทดสอบชิ้นงาน และยังสามารถคำนวณรูปแบบสัญญาณในทางคณิตศาสตร์ โดยภายในเครื่องทดสอบจะประกอบไปด้วยการ์ดต่าง ๆ ดังนี้

○ <u>APU-12 (Analog Pin Unit, 12 Channel)</u>

เป็นการ์ดที่ใช้สำหรับป้อนแรงดัน หรือกระแส มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถจ่ายและวัดแรงดันได้สูงสุด ±30 V
- สามารถจ่ายและวัดกระแสได้ ตั้งแต่ 10 μA ถึง 200 mA
- มีความละเอียดการวัด 16-bit
- มี Digitizer multiplexed และ AWG เพื่อการใช้งานแบบ single-board multisite และให้สามารถใช้งานแบบ analog และ digital ได้ร่วมกัน
- มีจุดเชื่อมต่อภายใน สำหรับเชื่อมต่อ channel เข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มระดับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

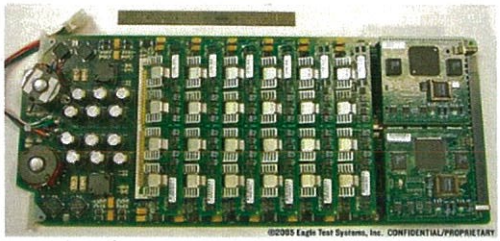


Figure 4 12 Channel Analog Pin Unit (APU-12) Board

รูปที่ 2.3 การ์ด APU

Digitizer (Waveform Digitizer)

Digitizer (Waveform Digitizer) คือการสร้างอัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling rate) ในการวัดค่าต่างๆ โดยใน ADC แต่ละอันจะมีหน่วยความจำ(RAM) ความจุ 32K เพื่อช่วยให้เครื่องมือวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น Clock ที่เข้ามาในการ์ด APU-12 จะสามารถแบ่งอัตราการสุ่มตัวอย่างจาก 1 Hz - 100 kHz

Arbitrary Waveform Generator (AWG)

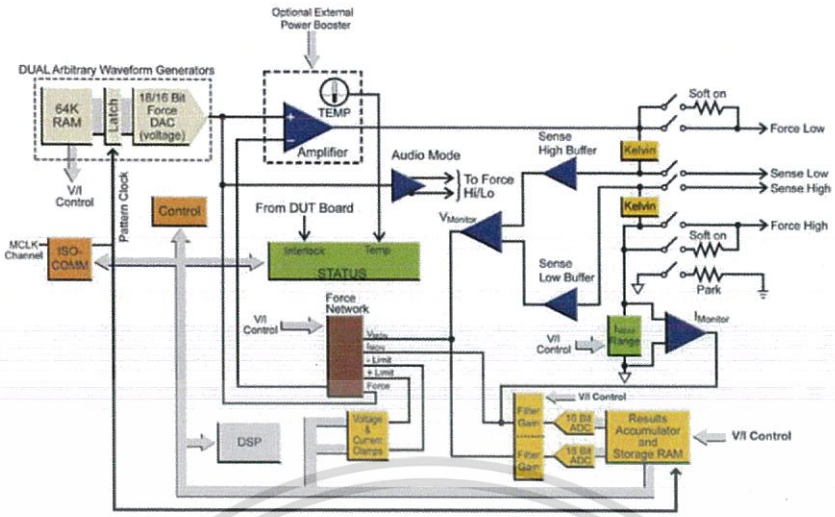
AWG เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ APU-12 มีความสามารถในการป้อนค่าต่างๆ ทำให้สามารถสร้างรูปแบบของคลื่นใด ๆ จากคลื่นไซน์ มี Clock rate สูงสุด 100 kHz มีความสามารถในการที่จะป้อนทั้งแรงดันหรือกระแส มีความละเอียด 16 บิต โดยมีมีซอฟต์แวร์ช่วยให้สามารถโหลดรูปแบบต่างๆลงใน AWG จากนั้นจึงเรียกใช้รูปแบบเหล่านี้

- SPU-112 (SmartPin Unit 100 V/12 A)

เป็นการ์ดที่ใช้สำหรับป้อนแรงดัน หรือกระแสสูงๆ มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถจ่าย/วัด แรงดันได้สูงสุด ±100 V
- สามารถจ่าย/วัด กระแสได้สูงสุดถึง 12A
- ประกอบด้วย AWG และ Digitizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนภาพบล็อกไดอะแกรม SPU-112

○ <u>DPU-16 (Digital Pin Unit, 16 Channel)</u>

การ์ด DPU-16 หรือ Digital Pin Unit เป็นการ์ดที่สามารถสร้างสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นโลจิก (Logic) “0” และ “1” มีคุณสมบัติดังนี้

- ขับแรงดันได้ในระดับ -1.0 ถึง +7.0 V
- มีความละเอียด 16-bit
- มีหน่วยความจำรูปแบบขนาดใหญ่ 16 Meg

รูปที่ 2.5 การ์ด DPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

○ QTMU (Quad Time Measurement Unit)

QTMU หรือ Quad Time Measurement Unit เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวัดสัญญาณ โดยจะวัดที่ขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงของสัญญาณ ใช้วัดสัญญาณรูปคลื่นออกมาเป็นเวลาและความถี่ มีคุณสมบัติดังนี้

- 10 ps time resolution
- 4K sample memory

รูปที่ 2.6 การ์ด QTMU

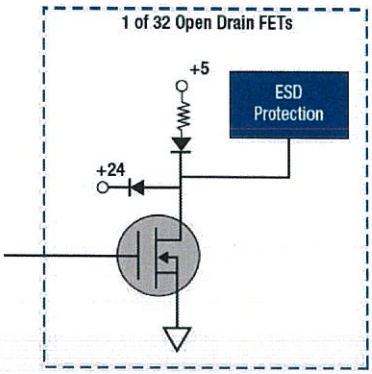
○ Programmable Control Bits (C-Bits)

Programmable Control Bits หรือ C-Bits มักจะใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์และไดรฟ์อินพุท logic บนวงจร DUT board

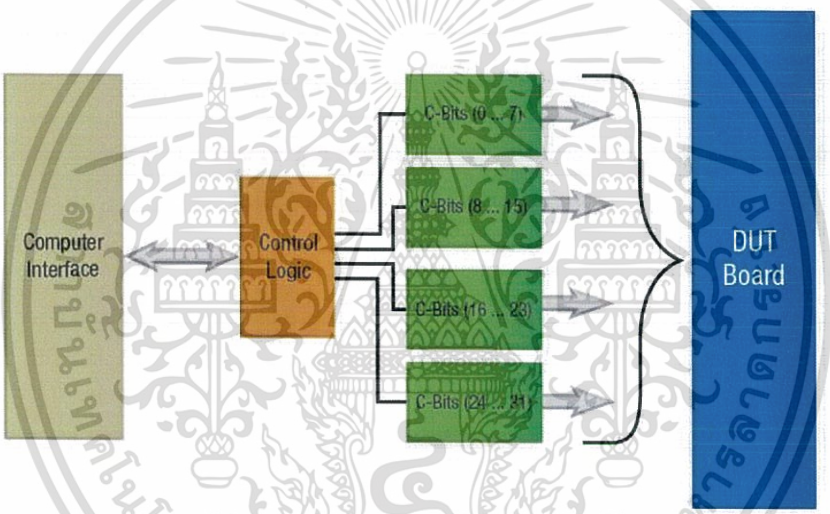
- เป็น Low side switch สำหรับการขับขดลวดรีเลย์โดยตรง
- นิยมใช้รีเลย์จำพวก 5V และ 12V (แต่สามารถใช้กับขดลวดรีเลย์ได้ถึง 24V)

C-Bits มีกลไกการสื่อสาร DUT board ผ่านความสามารถในการอ่านกลับค่าสถานะของฮาร์ดแวร์ แต่ละ channel ของโมดูล C-Bits จะมีไดโอดป้องกันอยู่ ซึ่งก็คือไดโอดป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต และไฟ 5V pull-up มีการรองรับคำสั่ง "OPEN/CLOSE" เพื่อให้ควบคุมรีเลย์ได้ง่ายมากขึ้น และยังรองรับคำสั่ง "SET: ON/OFF" สำหรับการใช้งาน logic มีการตั้งชื่อ C-bits ต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 C-Bit Detail



รูปที่ 2.8 C-Bit Block Diagram

2.1.2 Hardware

ในการทดสอบชิ้นงานนั้น จำเป็นจะต้องมี Hardware ร่วมกันอุปกรณ์อื่นๆ โดยตัว Hardware นั้น คือ บร์อดที่ใช้ทดสอบวงจรต่างๆภายในชิ้นงาน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าที่มีส่วนสำคัญในกระบวนการทดสอบ บอร์ดทดสอบงานนี้จะเป็นตัวเชื่อมระหว่างเครื่องทดสอบงานกับชิ้นงาน โดยบอร์ดจะได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบเพื่อสั่งให้อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่งบนโปรแกรม

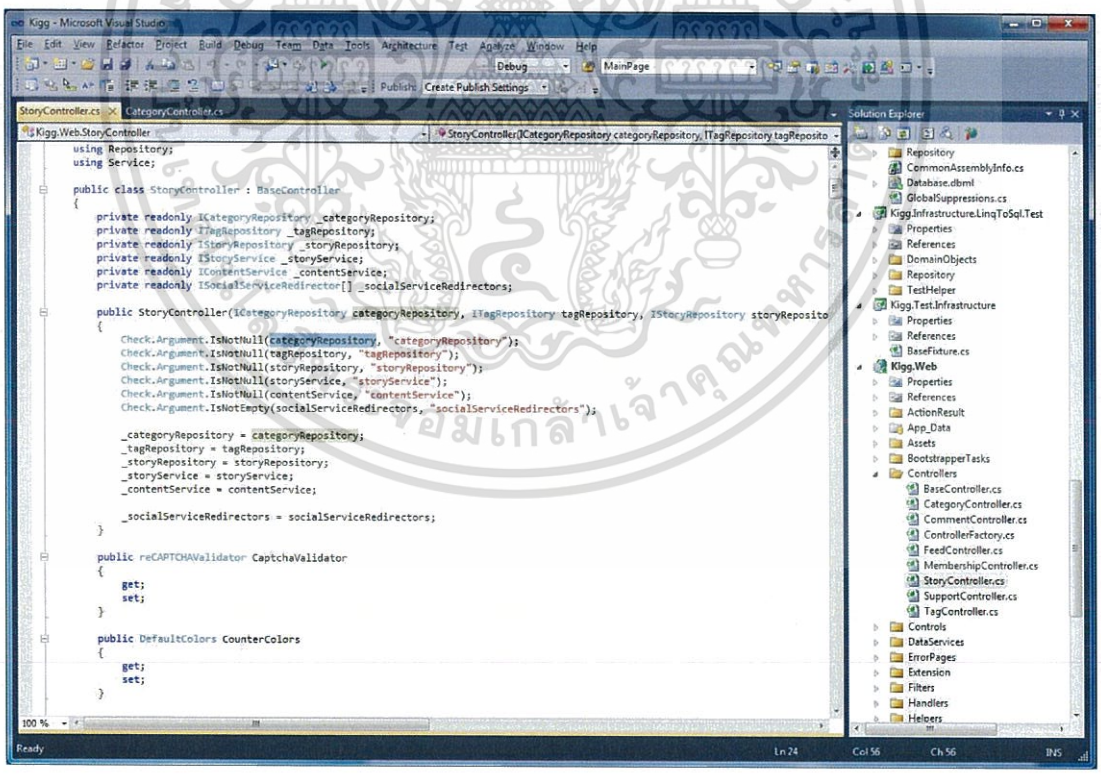
บนบอร์ดทดสอบนั้น จะประกอบด้วยอุปกรณ์ Passive และ Active ต่างๆ เช่น Relay, ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ และไฟ LED เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Relay** - ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ในการเปิด/ปิดวงจรไฟฟ้า มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์
- **ตัวต้านทาน** - ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าและควบคุมกระแสไฟฟ้าให้ไหลคงที่
- **ตัวเก็บประจุ** - ทำหน้าที่ เก็บประจุไฟฟ้า (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรกรองกระแส (Filter), วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass), วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter), วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling)
- **Op-amp** - ทำหน้าที่เป็นวงจร Buffer หรือ Differentiator

2.1.3 Software

Software ที่ใช้ในการทดสอบในที่นี้จะหมายถึงการ Programming หรือการเขียนโค้ด เพื่อทดสอบตัวงาน ภาษาที่ใช้เขียนโค้ดคือภาษา C++ ใช้ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Visual Studio



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการเขียนโค้ดร่วมกันโปรแกรม Microsoft Visual Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Test Solution

โค้ดที่ใช้ทดสอบชิ้นงาน โดยส่วนมากจะเป็นโค้ดที่สั่งการ์ดใน Tester ให้ทำการวัดหรือป้อนแรงดัน/กระแส, วัด timing ของสัญญาณ, วัดความถี่ หรือโค้ดเช็คสถานะต่างๆ

2.1.4.1) ตัวอย่าง Test Solution ที่ใช้ร่วมกับการ์ด APU

```
//Set LX =0.0
apu12set( LX, APU12_FV, 0.0, APU12_30V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );//LX
lwait (1 ms_f);
cbitclose(KUR4);//LX to pin
lwait (2 ms_f);

//Measure LX leakage VCC=VDD=28V, WAD=12V
//sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 28, SP_100V, SP_100MA );//VCC=28V
//lwait(1 ms_f);
apu12set( VDD, APU12_FV, 0.0, APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );//VDD
apu12set( Float_APU, APU12_FV,28.0, APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI ); //Float_VDD
lwait (2 ms_f);

//LX=1V
apu12set( LX, APU12_FV, 1.0, APU12_30V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );//LX
lwait (2 ms_f);
```

Ex. 1 จากคำสั่ง `apu12set( LX, APU12_FV, 0.0, APU12_30V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );`
หมายความว่า ให้การ์ด APU เซ็ตค่า ขา LX ให้ป้อนแรงดัน 0V โดยใช้ช่วง range 30V/1mA

```
if( Maxim::bPart_Number_Is("MAX5986A") ) //VM pin
{
    apu12set( VM, APU12_FV, 2.7, APU12_10V, APU12_10MA, APU12_PIN_TO_VI );  //FLOAT
    lwait( 5 ms_f);
    pldResults = apu12mv( FB, 40 , 13.0 );
    Maxim::DatalogAll(DSIndex, pldResults);

    apu12set( VM, APU12_FV, 4.7, APU12_10V, APU12_10MA, APU12_PIN_TO_VI );  //HIGH
    lwait( 5 ms_f);
    pldResults = apu12mv( FB, 40 , 13.0 );
```

Ex. 2 จากคำสั่ง `apu12mv( FB, 40 , 13.0 );`
หมายความว่า ให้การ์ด APU วัดแรงดันที่ขา FB ด้วยจำนวน sample 40 samples มี delay time13 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2) ตัวอย่าง Test Solution ที่ใช้ร่วมกับการ์ด DPU

```
//From RESET VCC=VDD=WAD=12V
I2C_cbitclose( KE7,KE8,KE9 );        //DP to VM/(SDA)//DP to FB(SCL)//DP to TEST
lwait (2 ms_f);
apu12set( TEST, APU12_OFF, 0.0, APU12_3p6V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );
mcurun( MCU_NOANALOG, "ENTER_TM", 1 ); //Pull TEST below ground 3x
dpindisconnect(MS_ALL, TEST_DP );
dpinforce( "SDA", "0", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL );
dpinforce( "SCL", "0", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL );
```

Ex. 1 จากคำสั่ง dpinforce("SDA", "0", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL);

หมายความว่า ให้การ์ด DPU ป้อนขา SDA เป็น 0V, Drive high level = 5V, Drive low level = 0V, Site – MS_ALL

2.1.4.3) 'ตัวอย่าง Test Solution ที่ใช้ร่วมกับการ์ด QTMU

```
qtmustart( GEN_QTMU, "OFF", QTMU_RCVH, QTMU_POS, 0, QTMU_NOFILTER, 0 );
qtmustop ( GEN_QTMU, "OFF", QTMU_RCVH, QTMU_POS, 0, QTMU_NOFILTER, 0 );
qtmumode( GEN_QTMU, QTMU_TIMER, QTMU_ARMOUTOFF );

qtmumode( GEN_QTMU, QTMU_TIMER, QTMU_ARMOUTOFF );
dpinrcvset( "SCL", DPIN_RCV_IO, 2.5, 2.0, MS_ALL );
dpinrcvset( "LED_DP", DPIN_RCV_IO, 4.5, 3.8, MS_ALL ); //4.5/4.0
qtmustart( GEN_QTMU, "SCL", QTMU_RCVH, QTMU_POS, 0, QTMU_NOFILTER, 0 );
qtmustop( GEN_QTMU, "LED_DP", QTMU_RCVL, QTMU_NEG, 0, QTMU_NOFILTER, 0 );//Done
qtmuarm(GEN_QTMU, "AUTO", 1, QTMU_EDGE, QTMU_POS );

dpinforce( "SCL", "1", 3.0 V_f, 1.0 V_f, MS_ALL );      //GEN   5.0/0.0
lwait(1 ms_f);
//apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 4.8, APU12_10V, APU12_10MA, APU12_PIN_TO_VI );

pldResults = qtmumt( GEN_QTMU, QTMU_READTIME, 100, -1, -1, 1 );
Maxim::DatalogAll(DSIndex, pldResults * 0.001 );    //in nA
```

Ex. 1 จากคำสั่ง qtmustart(GEN_QTMU, "SCL", QTMU_RCVH, QTMU_POS, 0, QTMU_NOFILTER, 0);

เป็นคำสั่งที่ใช้ตั้งต่า GEN_QTMU ให้เริ่มจับเวลา ที่ขา SCL โดย Input Type เป็น High และ Slope : Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.4) ตัวอย่าง Test Solution ที่ใช้ร่วมกับการ์ด SPU

```
//Measure POWER MOSFETS VCC=VDD=WAD=12V
//RDS-ONH ILX=0.5A source
I2C_cbitopen( KE11 );//25k removed from RREF
lwait (2 ms_f);
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 12.0, SP_100V, SP_100MA );//VCC=12V
lwait(1 ms_f);
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FI, 0, SP_30V, SP_100MA );//VCC=0mA
lwait (2 ms_f);
```

Ex.1 จากคำสั่ง sp112set(SPU_S0_S1, SP_FV, 12.0, SP_100V, SP_100MA);//VCC=12V

หมายความว่า ให้การ์ด SPU เซ็ตค่า ขา SPU_S0_S1 ให้ป้อนแรงดัน 12V โดยใช้ช่วง range 100V/100mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 Multi-Site Conversion

ในการทดสอบชิ้นงานนั้น เราจำเป็นจะต้องใช้เวลาในการทดสอบหรือ test-time ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เราจึงควรที่จะทดสอบงานหลายๆตัวในการรันเพียงครั้งเดียว เรียกว่าการทดสอบแบบ Multi-Site ซึ่งในโครงงานนี้ บอร์ดที่ใช้ทดสอบนั้น สามารถทดสอบได้ทีละ 4 ไซต์ เราจึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุงโค้ดที่ใช้ทดสอบ ให้สามารถทดสอบได้ 4 ไซต์ในการรันครั้งเดียว

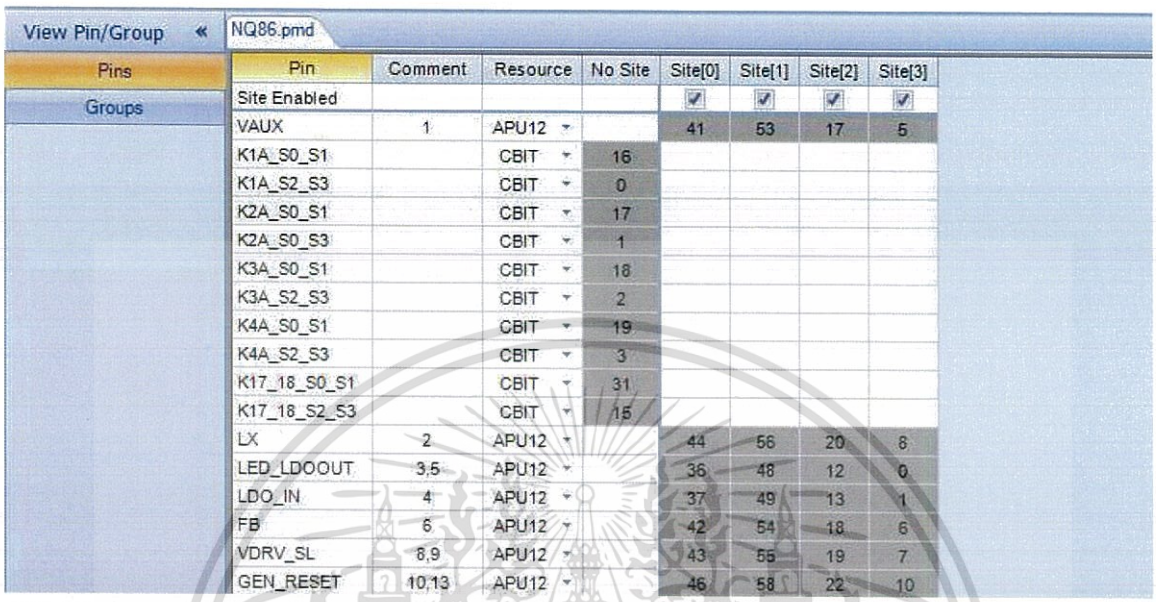
```
pldResults = PinListData(); // Reset pldResults

for( iSite = 0; iSite < 4; iSite++)
{
    if (msSiteStat(iSite))
        {
            if (iSite==0)
            {
                // close relay connecting SPU to Site 0

            }
            if (iSite ==1)
            {

                //  close relay connecting SPU to Site 1
                cbitclose ( KSPU6Site);
                cbitopen ( KSPU6);
                lwait( 2 ms_f);
            }
            if (iSite==2)
            {

                // close relay connecting SPU to Site 2
                cbitclose(KSPU6);
                cbitopen ( KSPU6Site);
                lwait( 2 ms_f);

            }
            if (iSite ==3)
            {

                //  close relay connecting SPU to Site 3
                cbitclose ( KSPU6Site);
                cbitclose(KSPU6);
                lwait( 2 ms_f);
            }
            Maxim::Connect_SPU_Pin_To_Site(SPU_S0_S1, iSite);

        sp112set(SPU_S0_S1, SP_FI, -2.0, SP_10V, SP_2MA );//-2mA
        lwait (1 ms_f);
```

รูปที่ 3.1 โค้ด Multi-site

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถรันแบบ Multi-site ได้นั้นมีขั้นตอนดังนี้

- **ทำ Pin-Map** - คือการจัดการ Resource หรือการ Match แหล่งจ่าย ให้สัมพันธ์กับขางาน



View Pin/Group « | NQ86.pmd

Pins | Groups

Pin	Comment	Resource	No Site	Site[0]	Site[1]	Site[2]	Site[3]
Site Enabled				☑	☑	☑	☑
VAUX	1	APU12		41	53	17	5
K1A_S0_S1		CBIT	16				
K1A_S2_S3		CBIT	0				
K2A_S0_S1		CBIT	17				
K2A_S0_S3		CBIT	1				
K3A_S0_S1		CBIT	18				
K3A_S2_S3		CBIT	2				
K4A_S0_S1		CBIT	19				
K4A_S2_S3		CBIT	3				
K17_18_S0_S1		CBIT	31				
K17_18_S2_S3		CBIT	15				
LX	2	APU12		44	56	20	8
LED_LDOOUT	3,5	APU12		36	48	12	0
LDO_IN	4	APU12		37	49	13	1
FB	6	APU12		42	54	18	6
VDRV_SL	8,9	APU12		43	55	19	7
GEN_RESET	10,13	APU12		46	58	22	10

รูปที่ 3.2 Pin Map

- **แก้ไขโค้ด** - ในส่วนของโค้ด บ้างขางานที่มีการ Share Resource จะต้องมีการ วนลูปเพื่อรันทีละ 1-2 ไซต์ แล้วแต่การต่อของ Resource หรือในการเก็บค่า จะต้องมีการวนลูปเพื่อบันทึกค่าในแต่ละ site
- เมื่อมีการแก้ไขโค้ดทั้งหมดแล้ว จะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล ว่าในแต่ละ site สามารถวัดค่าได้ใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งเรียกว่า **Gage Study** จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการแก้ไขโค้ดเพื่อรัน Multi-site

ก่อนเป็น Multi-site

```
//POWER ON Rising
apu12set( VDD, APU12_FV,(v_min_r - 21.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(1 ms_f);
apu12set( VDD, APU12_FV,(v_min_r - 20.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(2 ms_f);
pldResults = sp112mi( SPU_S0_S1, SP_MV_1X, SP_MI_1X, 4, 13.0 );

apu12set( VDD, APU12_FV,(v_max_r - 20.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(2 ms_f);
pldResults = sp112mi( SPU_S0_S1, SP_MV_1X, SP_MI_1X, 4, 13.0 );

pass_low=FALSE;
if(pldResults[0]>-1.0)  //single site   1mA
    pass_low=TRUE;

pass_high=FALSE;
if( pldResults[0]<-1.0)
    pass_high=TRUE;

PassFail = -1;
if (pass_low && pass_high)
    PassFail = 1;
DSIndex = DSIndex + 3;
Maxim::DatalogAll(DSIndex, PassFail);   //GoNogo
```

หลังแก้เป็น Multi-site

```
//POWER ON Rising
apu12set( VDD, APU12_FV,(v_min_r - 21.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(1 ms_f);
apu12set( VDD, APU12_FV,(v_min_r - 20.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(10 ms_f); // old 2ms
pldResults = sp112mi( SPU_GROUP, SP_MV_1X, SP_MI_1X, 8, 13.0 ) ;     // FOR MULTISITE

for(site=0; site<NUM_SITES; site++)
        if ( msSiteStat( site ))
            SD_pldResults[site] = pldResults[site];

apu12set( VDD, APU12_FV,(v_max_r - 20.0) , APU12_30V, APU12_100MA, APU12_PIN_TO_VI );
lwait(7 ms_f);
pldResults5 = sp112mi( SPU_GROUP, SP_MV_1X, SP_MI_1X, 8, 13.0 ) ;

for(site=0; site<NUM_SITES; site++) {
        if ( msSiteStat( site )) {
            SD_pldResults5[site] = pldResults5[site];

            pass_low[site]=FALSE;
            if(SD_pldResults[site]>-1.0)    //single site   1mA
                pass_low[site]=TRUE;

            pass_high[site]=FALSE;
            if( SD_pldResults5[site]<-1.0)
                pass_high[site]=TRUE;

            PassFail[site] = -1;
            if (pass_low[site] && pass_high[site])
                PassFail[site] = 1;
            if (!pass_low[site])
                PassFail[site] = -2;
        }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Test-time Reduction

จากการดำเนินงานเกี่ยวกับ Multi-site Conversion เมื่อมีการ coding เสร็จเรียบร้อย ทดลองรัน พบว่ามี Test-time 10s ซึ่งมากกว่าเดิมมาก (Test-time Single Site เป็น 4s) ทำให้ต้องมีการแก้ไขลด Test-time ด้วยการทำ Test Time Reduction ซึ่งในกรณีนี้ทำโดยการลด Delay time และ Modification SPU ผลคือลด Test-time ได้ เหลือ 7s

การ Modify SPU

ในการทดสอบแบบ Single site ในตอนแรกนั้น การ์ด SPU จะสามารถทดสอบได้ครั้งละ 1 ไซต์ ดังนั้นเมื่อทำการปรับปรุงโปรแกรมให้มีการทดสอบ 4 ไซต์ จึงมาการ modify SPU ให้สามมารถทดสอบได้ครั้งละ 2 ไซต์พร้มกัน ซึ่งจะสามารถช่วยลด Test-time ลงได้

3.3 Gage Study

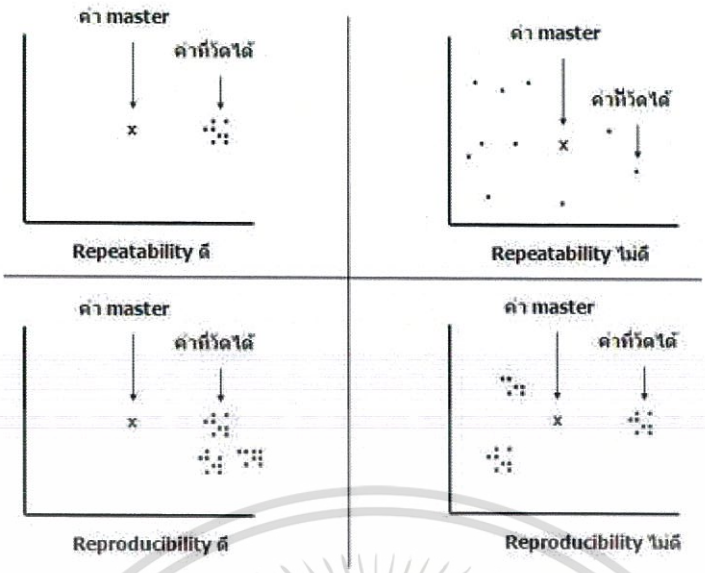
ในการทดสอบชิ้นงาน จะต้องมีการเก็บ data หรือข้อมูลที่เป็นผลของการทดสอบ เพื่อมาพิจารณาว่าค่าที่ได้จากการทดสอบมีความเที่ยงตรงและแม่นยำหรือไม่ ซึ่งการพิจารณานี้เรียกว่า Gage R&R หรือการวิเคราะห์ระบบการวัด ในการวิเคราะห์ระบบการวัด จะศึกษาค่า 2 ลักษณะ คือ Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) และ Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำ) โดย

Repeatability (ความสามารถในการวัดซ้ำ) คือ ความผันแปรของการวัดที่เกิดขึ้น เมื่อทำการวัดหลายครั้ง บนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน และเงื่อนไขในการวัดที่เหมือนกัน

Reproducibility (ความสามารถในการให้ผลซ้ำ) คือ ความผันแปรของการวัด เมื่อทำการวัดหลายครั้งบนชิ้นงานชิ้นเดียวกัน แต่เงื่อนไขในการวัดต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.3 Repeatability และ Reproducibility

การ Gage นั้นมีหลายรูปแบบ เช่น

- แบบ Site to Site gate : เป็นการเปรียบเทียบค่าระหว่างไซต์ การ test ในแต่ละไซต์จะต้องได้ค่าใกล้เคียงกัน
- แบบ Site to Site Interaction : เป็นการเปรียบเทียบค่า ว่าในการรันครบ 4 ไซต์ จะต้องได้ค่าใกล้เคียงกันการรัน 1 หรือ2 หรือ 3 ไซต์
- แบบ Insertion : เป็นการเปรียบเทียบค่าระหว่างการใส่ชิ้นงานตัวเดิมซ้ำ หลายๆครั้ง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนั้น สามารถทำโดยการใช้โปรแกรม Excel เข้ามาช่วยในการคำนวณ Repeatability และ Reproducibility ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148494

GBD_Gage	2.11	Copyright, 2016							
GBD Version	4.01.3342	maxim integrated.							
Date	11/7/2016								
Die Type		CONFIDENTIAL							
Product		Show/Hide Columns							
Lot Number									
Wafer Number		Import Test Type							
Engineer									
Approved by									

Test #	Test Name	TestType Test Type	Board ID	Unit	GageTest Gage Test Type?	Reprod Reproducibility	Repeat Repeatability	RR R&R	RRP %R&R
13006	IDD Max Normal SM @Vled=6.5V	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	mAMPS	TRUE	5.9683E-03	29.2062E-03	29.8098E-03	0.36%
13006	IDD Max Normal SM @Vled=6.5V		Gage_before_TTR.stdf Site 3	mAMPS					
13007	LED Current with SL=0V Vled=6.5V	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	mAMPS	TRUE	12.9614E-03	82.0119E-03	83.0238E-03	0.91%
13007	LED Current with SL=0V Vled=6.5V		Gage_before_TTR.stdf Site 3	mAMPS					
13008	LED Frequency	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	HERTZ	TRUE	412.7066E-03	1.1389E+00	1.2114E+00	2.47%
13008	LED Frequency		Gage_before_TTR.stdf Site 3	HERTZ					
13009	LED Duty Cycle	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	%%	TRUE	105.2415E-03	475.6417E-03	487.1456E-03	10.95%
13009	LED Duty Cycle		Gage_before_TTR.stdf Site 3	%%					
13010	IDD Avg Normal SM @Vled=6.5V	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	mAMPS	TRUE	17.7058E-03	69.0629E-03	71.2964E-03	0.63%
13010	IDD Avg Normal SM @Vled=6.5V		Gage_before_TTR.stdf Site 3	mAMPS					
13011	GEN to LED turn-on time	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	uSec	TRUE	19.9058E-03	170.9701E-03	172.125E-03	4.41%
13011	GEN to LED turn-on time		Gage_before_TTR.stdf Site 3	uSec					
13012	GEN to LED turn-off time	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	uSec	TRUE	113.8043E-06	12.6914E-03	12.6919E-03	0.38%
13012	GEN to LED turn-off time		Gage_before_TTR.stdf Site 3	uSec					
14000	Internal Current Enable Time	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	mSec	TRUE	36.3137E-03	1.3965E+00	1.397E+00	7.85%
14000	Internal Current Enable Time		Gage_before_TTR.stdf Site 3	mSec					
14001	Internal Current Disable Time	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	mSec	TRUE	163.414E-03	1.5098E+00	1.5186E+00	3.07%
14001	Internal Current Disable Time		Gage_before_TTR.stdf Site 3	mSec					
14002	GEN Pull-up Resistor	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	KOhm	TRUE	92.2146E-03	233.518E-03	251.0661E-03	0.57%
14002	GEN Pull-up Resistor		Gage_before_TTR.stdf Site 3	KOhm					
14003	WK Pull-up Resistor	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	KOhm	TRUE	6.71E-03	313.7579E-03	313.8296E-03	0.72%
14003	WK Pull-up Resistor		Gage_before_TTR.stdf Site 3	KOhm					
15002	ICC Shutdown VCC=VDD=48; WAD=12	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	uAMPS	TRUE	40.7616E-03	122.6404E-03	129.2369E-03	0.29%
15002	ICC Shutdown VCC=VDD=48; WAD=12		Gage_before_TTR.stdf Site 3	uAMPS					
15003	LX leakage @ 1V - VCC=28V	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	nAMPS	TRUE	923.9618E-03	5.9052E+00	5.977E+00	0.07%
15003	LX leakage @ 1V - VCC=28V		Gage_before_TTR.stdf Site 3	nAMPS					
15004	LX leakage @ 27V - VCC=28V	Prod - EC	Gage_after_TTR.stdf Site 3	nAMPS	TRUE	2.0422E+00	9.1267E+00	9.3524E+00	0.10%
15004	LX leakage @ 27V - VCC=28V		Gage_before_TTR.stdf Site 3	nAMPS					

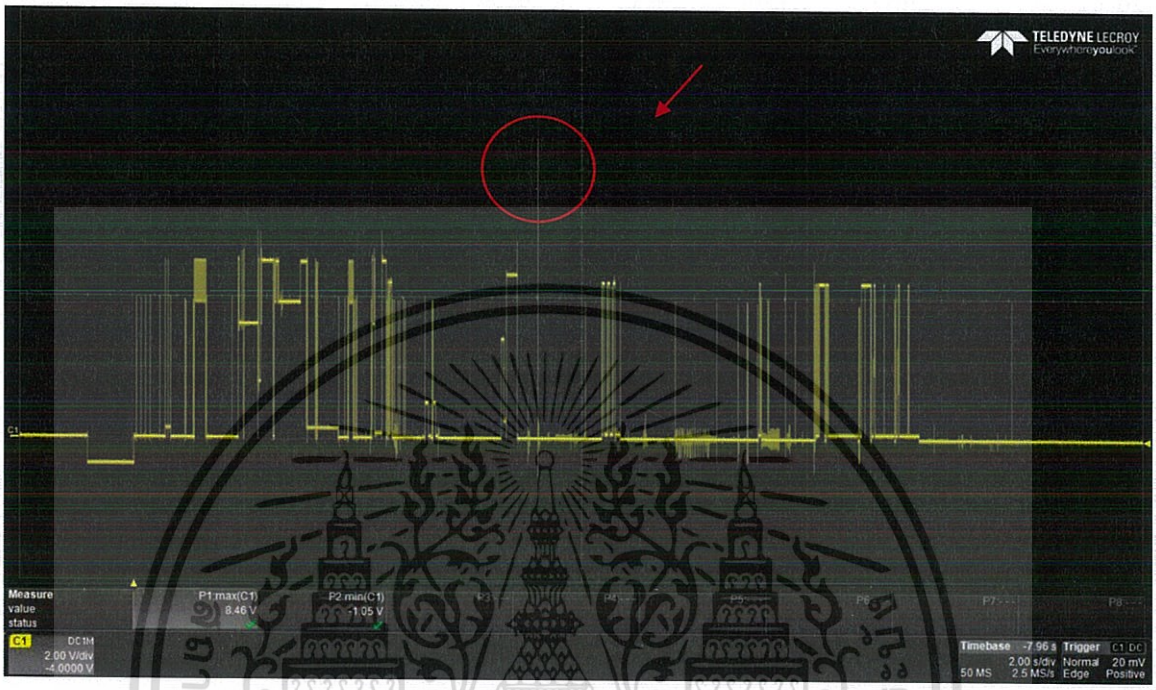
รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบข้อมูลแบบ R&R

3.4 Deglitch

ในการทดสอบตัวงาน เราจำเป็นต้องจ่ายไฟให้กับตัวงาน เพื่อทดสอบการทำงานของวงจรต่างๆในตัวงาน ในการทดสอบแต่ละวงจรก็จะมีการจ่ายไฟที่ไม่เท่ากัน ดังนั้น ขณะที่มีการสับเปลี่ยนสถานะของรีเลย์ หรือสับเปลี่ยนค่าแรงดัน/กระแส อาจทำให้เกิด Glitch ขึ้นได้ Glitch ในที่นี้หมายถึงสัญญาณหรือระดับแรงดัน/กระแส ที่มีความผิดไปจากที่ควรจะเป็น เช่น spike หรือ ค่าแรงดัน/กระแสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่มีค่าเกินกว่ากำหนด โดยแรงดัน/กระแส ค่าสูงๆนี้อาจทำให้เกิดความเสียหายให้กับตัวงานได้ จึงต้องมีการ deglitch เพื่อลดการเกิดความเสียหายของตัวงานในขณะทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการ Deglitch หรือการแก้ค่าแรงดัน/กระแสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถทำได้โดยจับสัญญาณแรงดันที่ขางาน เพื่อดูว่าแรงดันสูงสุดและต่ำสุด นั้นมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ใน datasheet หรือไม่ ถ้ามีค่าที่เกิน จะต้องหาว่าส่วนที่ทำให้เกิด glitch คือส่วนไหนของโค้ด



รูปที่ 3.5 Glitch โดย limit อยู่ที่ 6V แต่มี glitch ขึ้นไปถึง 8.46V

<u>ยกตัวอย่างการ deglitch</u>

3.4.1 <u>ขา FB</u>

3.4.1.1) มี glitch เพราะ ตอนแรก ขา FB มีกระแสค่าน้อยๆอยู่ พอรันโค้ด dpinforce("SCL", "-", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL);

เพื่อให้ขา FB ไปต่อ LX เลยเกิด spike ขึ้นที่แรงดัน 7.78V

<u>วิธีแก้</u> คือ ใส่โค้ด apu12set(FB, APU12_FI, 0.0, APU12_3p6V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI);

เพื่อป้อนให้ขา FB มีกระแสเป็น 0A ก่อน แล้วจึงสลับขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Before

```
//for(site=0; site<NUM_SITES; site++)
//  if ( msSiteStat( site ) )   //If site is active
if(device_num[7] == 'A')
    I2C_Write(0x09, 0x03, site);//TM03 RunAway Current
else
    I2C_Write(0x09, 0x04, site);//TM04 Actual RunAway Current

//Put FB=0 and remove VM from DP
dpinforce( "SCL", "-", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL );  //Float FB for FB feedback to LX
dpinforce( "SDA", "-", 5.0 V_f, 0.0 V_f, MS_ALL );  //disconnect VM (SDA)
apu12set( FB, APU12_FV, 1.0, APU12_3p6V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );
```

After

```
//for(site=0; site<NUM_SITES; site++)
//  if ( msSiteStat( site ) )   //If site is active
if(device_num[7] == 'A')
    I2C_Write(0x09, 0x03, site);//TM03 RunAway Current
else
    I2C_Write(0x09, 0x04, site);//TM04 Actual RunAway Current

apu12set( FB, APU12_FI, 0.0, APU12_3p6V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );
//Put FB=0 and remove VM from DP
dpinforce( "SCL", "-", 5.0 V_f, 0.0 V_f, site );    //Float FB for FB feedback to LX
dpinforce( "SDA", "-", 5.0 V_f, 0.0 V_f, site );    //disconnect VM (SDA)
apu12set( FB, APU12_FV, 1.0, APU12_3p6V, APU12_1MA, APU12_PIN_TO_VI );
```

3.4.1.2) มี glitch ที่เกิดจาก การสลับขา Relay โดยการหน้านั้น ขา SPU_S0_S1 นั้นมีแรงดัน 0V เมื่อรันคำสั่ง I2C_cbitclose(KELX); //SPU6_H to VCC ทำให้ เกิด spike เพราะ ขา VCC นั้นมีแรงดันอยู่ 48V

วิธีแก้ คือ ป้อนแรงดันให้ขา SPU_S0_S1 เป็น 48V ก่อนที่จะสลับ Relay ให้มาต่อ VCC

Before

```
//Test GEN and WK pullup Resistors here.....
//WK is FLOAT and GEN is 4.8V
//I2C_Write(0x09, 0x1E, 0);//Enter TM Reset
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 0, SP_100V, SP_1MA );  // NEW -0D  to prevent VCC float
I2C_cbitclose(KELX);    //SPU6_H to VCC
I2C_cbitopen(KEPGND );  //SPU6_L to PGND
lwait (2 ms_f);
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 48, SP_100V, SP_10MA );
lwait (3 ms_f);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

After

```
//Test GEN and WK pullup Resistors here.....
//WK is FLOAT and GEN is 4.8V
//I2C_Write(0x09, 0x1E, 0);//Enter TM Reset
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 0, SP_100V, SP_1MA );  // NEW -0D  to prevent VCC float
sp112set( SPU_S0_S1, SP_FV, 48, SP_100V, SP_10MA );
lwait (3 ms_f);
I2C_cbitclose(KELX);    //SPU6_H to VCC
I2C_cbitopen(KEPGND );  //SPU6_L to PGND
lwait (2 ms_f);
```

3.4.2 ขา Reset

3.4.2.1) มี glitch ที่เกิดจากการที่ GEN_RESET จากเดิมมีแรงดัน 3.3 โวลต์ เมื่อรันโค้ด `apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 5.5, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI );` ซึ่งเป็นการป้อนแรงดัน 5.5V จึงทำให้เกิด spike

วิธีแก้ คือ ค่อยๆป้อนแรงดันขึ้นไป เป็น 4V, 5V และ 5.5V ตามลำดับ

Before

```
//Leakage 0V and 5.5V
apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 5.5, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI );  //RESET
lwait(5 ms_f);
pldResults = apu12mi( GEN_RESET, APU12_MI_10X, 40, 13.0 );
Maxim::DatalogAll(DSIndex, pldResults * nA);
```

After

```
//Leakage 0V and 5.5V
apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 4, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI);
lwait(2 ms_f);
apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 5, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI);
lwait(2 ms_f);
apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 5.5, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI);
lwait(2 ms_f);
//apu12set( GEN_RESET, APU12_FV, 5.5, APU12_10V, APU12_100UA, APU12_PIN_TO_VI );    //RESET
lwait(5 ms_f);
pldResults = apu12mi( GEN_RESET, APU12_MI_10X, 40, 13.0 );
Maxim::DatalogAll(DSIndex, pldResults * nA);
```

3.4.3 ขา ULP

3.4.3.1) เกิด glitch จากกระสวิตช์ relay

วิธีแก้ คือ ใส่ delay lwait(2 ms_f) เพื่อรอให้ relay สวิตช์สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Dry run

ขั้นตอนของการ Dry run เป็นการเตรียมพร้อมที่จะ Release Program เราจำเป็นต้องมีการ Dry-run เพื่อทดสอบโปรแกรม ว่าโปรแกรมมีความสมบูรณ์ดี ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายจากการทดสอบ มี flow หรือลำดับขั้นการทดสอบคือ FT ROOM และ QA ROOM

โดย FT ROOM คือ Final test ที่อุณหภูมิห้อง

QA ROOM คือ Quality assurance ที่อุณหภูมิห้อง (เป็นการตรวจสอบอีกที ว่าชิ้นงานผ่านการทดสอบ)

โดยผลของการทดสอบ เป็นดังนี้

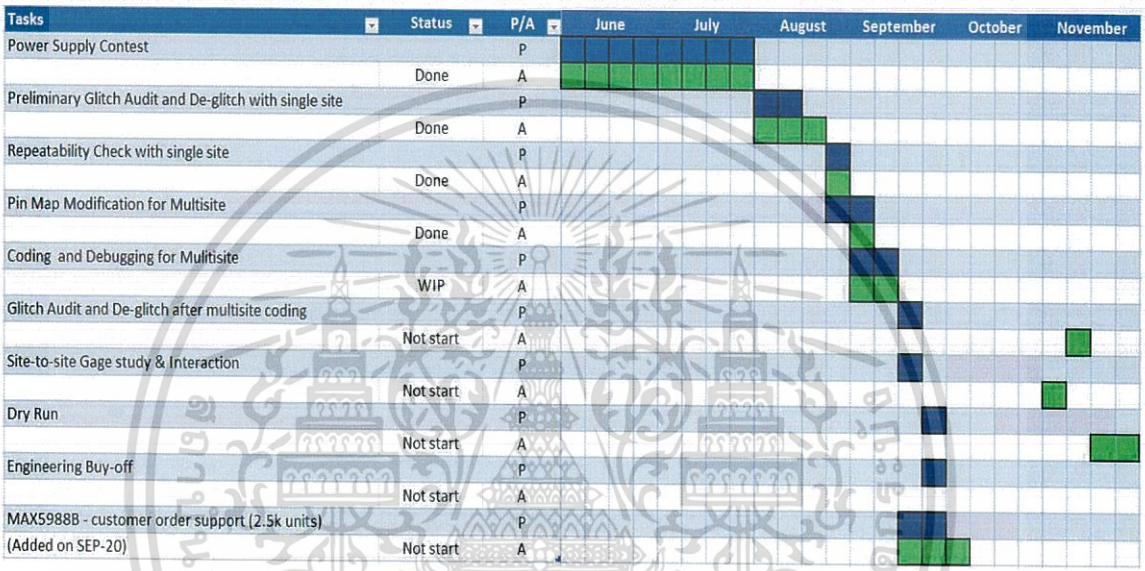
- ทดสอบงาน Fresh (งานที่ไม่เคยถูกทดสอบ) ที่ FT ROOM ได้ yield = 94.15%
- นำงาน Good มาทดสอบที่ QA ROOM พบว่าชิ้นงานผ่านทั้งหมด 100%
- ทดลองรันงาน 435 ตัว ผ่าน 432 ตัว ไม่ผ่าน 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

4.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 4.1 แผนการดำเนินการ



Tasks	Status	P/A	June	July	August	September	October	November
Power Supply Contest		P						
	Done	A						
Preliminary Glitch Audit and De-glitch with single site		P						
	Done	A						
Repeatability Check with single site		P						
	Done	A						
Pin Map Modification for Multisite		P						
	Done	A						
Coding and Debugging for Mulitisite		P						
	WIP	A						
Glitch Audit and De-glitch after multisite coding		P						
	Not start	A						
Site-to-site Gage study & Interaction		P						
	Not start	A						
Dry Run		P						
	Not start	A						
Engineering Buy-off		P						
	Not start	A						
MAX5988B - customer order support (2.5k units)		P						
(Added on SEP-20)	Not start	A						

- ในช่วง 2 เดือนแรกซึ่งเป็นช่วงฝึกงาน ได้รับมอบหมายให้ช่วยทำโครงงาน Power Supply Contest มีการทดลองวงจรที่ใช้ MAX17503 เป็นตัว buck converter ของวงจร และมีการประสานงานกับน้องๆที่ KMITL เพื่อประชาสัมพันธ์โครงงาน
- ในช่วง 4 เดือนของการทำสหกิจ ได้รับมอบหมาย ให้ทำ Multi-site Conversion ของ Product NQ86(MAX5988B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากการปรับปรุงโค้ดจาก Single-site เป็น Multi-site พบว่าทำให้ได้ผลผลิตจากการทดสอบเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่ถูกทดสอบระหว่างโปรแกรม Single-site กับ Quad-site

ระยะเวลา \ โปรแกรมที่ใช้	Single-site	Quad-site
4 sec.	1 unit	-
7 sec.	1 unit	4 units
1 hr.	900 units	2057 units
2 hr.	1800 units	4114 units

จากตารางที่ 5.1 จะพบว่าเมื่อทดสอบแบบ Single-site ใน 1 ชม. จะสามารถทดสอบตัวงานได้ 900 ตัว และแบบ Multi-site จะสามารถทดสอบตัวงานได้ 2057 ตัว ซึ่งการทดสอบแบบ Multi-site จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ประมาณ 2.3 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Eagle Vision MST Help Rev 15.3

[2] http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/quality-tools/measurement-system-analysis/gage-r-r-analyses/what-is-a-gage-r-r-study/

[3] http://topofquality.com/smsa4/indexmsa4.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้