รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงการวัดการรั่วไหลของกระแสในการทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์

Improve measurement leakage current for Analog Switch Test

นายจักรพงศ์ โยธา

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงการวัดการรั่วไหลของกระแสในการทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์

Improve measurement leakage current for Analog Switch Test

นายจักรพงศ์ โยธา

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสกิจศึกษา การปรับปรุงการวัดการรั่วไหลของกระแสในการทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นาย จักรพงศ์ โยธา

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

อาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย ณัฐศักดิ์ เกิดศรีเหล็ก

สถานประกอบการ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด

บทคัดย่อ

การทดสอบไอซี ประเภทอนาล็อกสวิตช์ปัญหาส่วนใหญ่คือการวัดกระแสรั่วไหลของไอซีในระดับต่ำๆ ซึ่งค่าที่วัดได้นั้นไม่ถูกต้อง เนื่องมาจากกระแสรั่วไหลที่เพิ่มขึ้นจากปัจจัยอื่นๆ เช่น อุปกรณ์บนฮาร์แวร์ และความชื้นจากอากาศที่สัมผัสกับฮาร์ดแวร์ วัตถุประสงค์ของการทำโครงงานนี้เพื่อลดกระแสรั่วไหลที่เพิ่มขึ้นจากฮาร์แวร์โดยนำหลักทฤษฎีการ์ดริงมาใช้ โดยการใช้สายโคแอกเชียลแทนสายไฟที่เป็นลวดอากาศ และทำการต่อชิลด์ของสายโคแอกเชียลเข้ากับการ์ดของเครื่องมือวัดที่เครื่องทดสอบไอซี ซึ่งสามารถช่วยลดกระแสรั่วไหลที่เกิดจากฮาร์แวร์ได้ และยังเป็นแนวทางในการออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Improve to measures leakage current for Analog Switch Test

Student Intern: Mr.jakkrapong Yota

Faculty: Engineering **Department:** Electronics Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Kitipol Chitsakul

Mr.Chaleompun Wangwiwattana

Mentor name: Mr.Nattasak kertsrilek

Company: Maxim Integrated Products Thailand co. ltd

ABSTRACT

Issue of IC analog switch testing is leakage current from hardware used. As a result we cannot measure low leakage current accurately and correct. Leakage currently is a result of components on hardware and humidity from air. The purpose of the project is to decrease the leakage current from hardware, by using guard ring method to protect leakage current. By changing the air wire to a coaxial cable and connect shield with guard from card at tester. Moreover, this project is useful for designing a new hardware in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานสหกิจศึกษา เพื่อปัญหาที่เกิดในการทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์ของแผนก Test Product Engineer ณ บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัดเนื่องจากได้รับการช่วยเหลือ คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ จากบุคลากรดังนี้

ขอขอบคุณ บุคลากรจากแผนก Test Product Engineer ของบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด ทุกท่าน

ขอขอบคุณ ส่วนงานกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานประจำโครงการสหกิจศึกษาทุกท่าน ได้แก่ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล และอาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา ที่ได้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือผู้จัดทำตลอดมา

กราบขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลัง เป็นที่ปรึกษา สนับสนุนการจัดทำโครงงานตลอดมา

จักรพงศ์ โยธา

ธันวาคม 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญภาพ.....VII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 วางแผนการดำเนินงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ.....2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3
2.1 วงจรรวมหรือไอซี.....3
2.2 กระบวนการทดสอบวงจรรวมหรือไอซี.....5
2.3 กระแสรั่วไหล.....11
2.4 การ์ดริง.....11
2.5 วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์.....12
2.6 สายโคแอกเชียล.....13
2.7 รีเลย์.....14
2.8 หลักพื้นฐานการวัดกระแสรั่วไหล.....15
บทที่ 3 การดำเนินงาน.....18
3.1 การกำหนดหัวข้อโครงงาน.....18
3.2 วางแผนการทำงาน.....18
3.3 การปรับปรุงเพื่อลดกระแสรั่วไหล.....25
3.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์ AG4X.....27
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....29
4.1 การทดลองและผลการทดลอง.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน อุปสรรคและข้อเสนอแนะ....32
5.1 สรุปผลการดำเนินงานและการทดลอง....32
5.2 อุปสรรค....32
5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....32
บรรณานุกรม....33
ภาคผนวก....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ขั้นตอนการดำเนิดงาน.....17
4.1 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ยในการทดสอบของฮาร์ดแวร์ก่อนและหลังปรับปรุง.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 วงจรรวมหรือไอซี....3
2.2 ไอซีแบบอนาล็อกและวงจรสมมูล....4
2.3 วงจรสมมูลภายในไอซีอนาล็อกสวิตช์....4
2.4 โครงสร้างภายในของไอซีอนาล็อกสวิตช์....4
2.5 ไอซีแบบดิจิตอล หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์....5
2.6 ระบบและอุปกรณ์ในการทดสอบวงจรรวม....6
2.7 เครื่องทดสอบวงจรรวม TMT....6
2.8 DUT Board ที่ใช้ทดสอบงานที่เป็นอนาล็อกสวิทช์ AG4X....7
2.9 รูปแบบของระบบปฏิบัติการดอส....7
2.10 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น Borland C....8
2.11 รูปแบบการทำงานของระบบปฏิบัติการดอส....8
2.12 รูปแบบของระบบปฏิบัติวินโดวส์เอ็นที....9
2.13 โปรแกรม Visual ATE และ โปรแกรม Visual C++ 6.0....9
2.14 รูปแบบการทำงานของระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นที....9
2.15 เครื่องจับตัวงานและโหลดตัวงาน....10
2.16 กระแสรั่วไหลในวงจร....11
2.17 เพิ่มการ์ดริงระหว่างอินพุทกับกราวด์เพื่อลดกระแสรั่วไหล....11
2.18 ตัวอย่างเรย์เอาท์ที่ใช้การ์ดริงที่ขาอินพุทออปแอมป์....12
2.19 ตัวอย่างเรย์เอาท์ของวงจรขยายกลับเฟสกับการ์ดริง....12
2.20 วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์....13
2.21 สายโคแอกเชียล....13
2.22 รีเลย์กำลัง....14
2.23 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขาคอมขณะเกทปิด....15
2.23 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขาเอนโอขณะเกทปิด....15
2.23 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขาคอมขณะเกทเปิด....14
3.1 หน้าต่างโปรแกรม ATE Programming....19
3.2 เครื่อง TMT tester....19
3.3 AG4X DUT Board....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.4 วงจร AG4X ส่วน ANALOG CHANNELS และ ส่วนที่เป็น LEAKAGE BANK 20
3.5 วงจร AG4X ส่วนที่เป็นวงจร PAM.....20
3.6 วงจร AG4X ส่วนที่เป็นวงจร Timing.....21
3.7 รีเลย์ที่เกิดกระแสรั่วไหลและไม่รั่วไหล.....21
3.8 Data log ที่ 1 ก่อนใส่รีเลย์รั่วไหล.....22
3.9 Data log ที่ 2 หลังใส่รีเลย์รั่วไหล.....22
3.10 วัดค่าความเก็บประจุที่ตัวถังของรีเลย์.....23
3.11 วัดค่าความต้านทานที่ตัวถังของรีเลย์.....23
3.12 Socket ที่รีเลย์.....24
3.13 คราบฟักจากบอร์ดที่ทำสะอาดไม่ดี 24
3.14 Connector เสียหายวัดค่าความเก็บประจุที่ตัวถังของรีเลย์.....24
3.15 ด้านหลังของฮาร์ดแวร์ AG4X ก่อนทำการปรังปรุง.....25
3.16 บริเวณที่ทำการเปลี่ยนสายไฟ ต่อกับ Guard ของ DVI19 จาก card 26
3.17 ด้านหลังของฮาร์ดแวร์ AG4X หลังทำการปรังปรุง.....26
3.18 นำลวดทองแดงชั้นนอกของสายโคแอกเชียลไปต่อเข้ากับการ์ดของ DVI19 จาก Card 27
3.19 18 วงจร AG4X ส่วน ANALOG CHANNELS และ ส่วนที่เป็น LEAKAGE BANK ใหม่.....28
4.1 ทดลองการทดสอบงานเบอร์ MAX313FEPE 29
4.2 ฮาร์แวร์ก่อนปรับปรุง (ซ้าย) และฮาร์แวร์หลังปรับปรุง (ขวา).....29
4.1 กราฟแสดงค่ากระรั่วไหลเฉลี่ยกับหมายเลขของฟังก์ชันของการทดสอบ.....31
4.1 กราฟแสดงการกระจายตัวในการทดสอบกระแสรั่วไหล.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในยุคเทคโนโลยีในปัจจุบันบริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัดเป็นผู้ผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit) หรือ ไอซี จนไอซีเข้ามามีบทบาทเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำคัญในการนำไปผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ สมาร์ทโฟน เครื่องคอมพิวเตอร์ ทีวีโทรทัศน์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ เครื่องมือทางด้านการแพทย์ และอื่นๆ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่กล่าวมานี้ล้วนแล้วมีวงจรรวม หรือ ไอซี เป็นส่วนประกอบสำคัญ การที่จะนำวงจรรวมไปใช้ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดและไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดหรือเกิดความเสียหายกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรรวมนั้นต้องผ่านกระบวนการทดสอบไอซีเพื่อเป็นการรับประกันและสร้างความเชื่อมั่นให้กับบุคคลที่ต้องการนำวงจรรวมไปใช้งานหรือนำไปออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

อนาล็อกสวิตช์เป็นหนึ่งในวงจรรวมนิยมนำไปใช้ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อนาล็อกสวิตช์ทำหน้าที่เหมือนกับรีเลย์แต่ไม่มีหน้าสัมผัส สำหรับเปิดปิดสัญญาณขนาดเล็กแบบอนาล็อก สามารถสั่งเปิดปิดได้อย่างรวดเร็วและประหยัดพลังงาน ในการทดสอบงานที่เป็นไอซีอนาล็อกสวิตช์นั้นคุณสมบัติที่ต้องทดสอบได้แก่ ค่าความต้านภายในขณะสวิทช์ปิด,พลังงานที่ใช้ในระหว่าง เกรตเปิด และ เกรตปิด , กระแสรั่วไหล และ วัดเวลาในการเปิดปิดอนาล็อกสวิทช์ ในขณะการทดสอบไอซีอนากล็อกสวิตช์ปัญหาที่พบมากในระหว่างการทดสอบคือคุณสมบัติเรื่อง กระแสรั่วไหล ขณะที่สวิตช์เปิดและขณะที่สวิตช์ปิดส่งผลทำให้เกิดการทดสอบงานได้ค่าไม่แม่นยำและ ไม่ถูกต้อง สาเหตุที่ทำให้เกิดกระแสรั่วไหลนั้นเกิดมาจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์

แนวทางการในปรุงปรับเพื่อที่จะลดกระแสรั่วไหลจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้วิธีการป้องกันกระแสรั่วไหลโดยนำทฤษฎีเรื่องการ์ดริง มาช่วยในการลดกระแสรั่วไหล เพื่อเป็นการลดปัญหาในระหว่างการทดสอบงานและไม่ทำให้เกิดดาวไทม์ขึ้น พร้อมทั้งยังเป็นแนวทางในการออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่ให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

ลดกระแสรั่วไหลจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์ โดยใช้หลักการป้องกันกระแสรั่วไหลด้วยทฤษฎีของการ์ดริง เพื่อที่จะทำให้การทดสอบงานอนาล็อกสวิตช์ถูกต้องและแม่นยำที่สุด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

หาสาเหตุของปัญหา ทำการปรังปรุงฮาร์ดแวร์ ทำการทดลอง และทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่จากแนวทางการปรับปรุง

1.4 วางแผนการดำเนินงาน

1.4.1 รับทราบปัญหาที่ต้องการแก้ไข

1.4.2 กำหนดหัวข้อโครงงานจากปัญหา

1.4.3 หาสาเหตุของปัญหา

1.4.4 หาวิธีแก้ไขปัญหา

1.4.5 ดำเนินการทำการทดลอง

1.4.6 สรุปผลการทดลองการแก้ไขปัญหา

1.4.7 นำแนวทางการแก้ไขไปออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ

1.5.1 ลดปัญหาเรื่อง การกระแสรั่วไหล จากฮาร์ดแวร์ในการทดสอบงานที่เป็นไอซีอนาล็อกสวิตช์

1.5.2 ลดปัญหาในการเสียหายของฮาร์ดแวร์

1.5.3 ได้เรียนรู้การทดสอบวงจรรวม

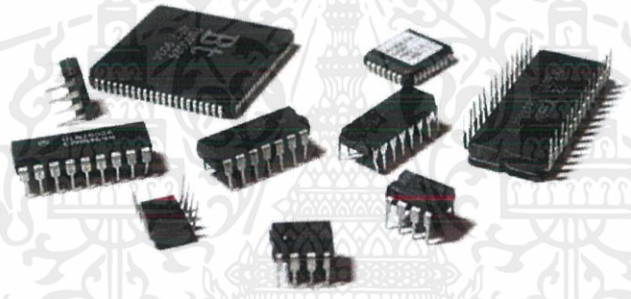
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit)

ไอซีเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่พัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ช่วยทำให้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนรูปแบบไปตลอด จนทำให้ขนาดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเล็ก เพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้ได้มากขึ้น ไอซีเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่รวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิดไว้ในตัว พร้อมกับการต่อวงจรต้องการโดยอุปกรณ์และวงจรถูกสร้างขึ้นบนฐานของสารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกัน ภายในส่วนประกอบของไอซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นทั้งตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวไดโอด ตัวทรานซิสเตอร์ ตัวเฟต และอื่นๆ ไอซีโดยมากจะมีขาตั้งแต่ 3 ขา ถึง 40 ขา ตัวอย่างวงจรใช้งานต่างๆของไอซี เช่นวงจรขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ โทรศัทพ์ คอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดฟ้า และอื่นๆ



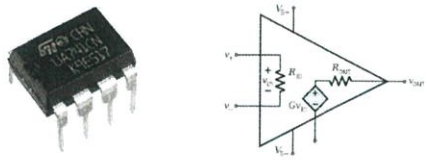
รูปที่ 2.1 วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit)

2.1.1 ประเภทของไอซี

ไอซีที่ใช้งานในวงจรอิเล็กนิกส์ จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท

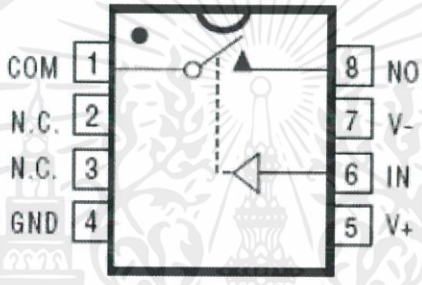
2.1.1.1 ไอซีแบบอนาล็อก (Analog IC) เป็นไอซีเชิงเส้นเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณและควบคุมแรงดันไฟฟ้าชนิดของไอซีที่ทำหน้าทีขยายสัญญาณ เรียกว่า ออปแอมป์ (Operation Amplifier) เป็นวงจรรวมที่ประกอบขึ้นจากทรานซิสหลายๆตัวรวมอยู่ในไอซีตัวเดียว จึงทำให้ไอซีออปแอป์มีอัตราขยายสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



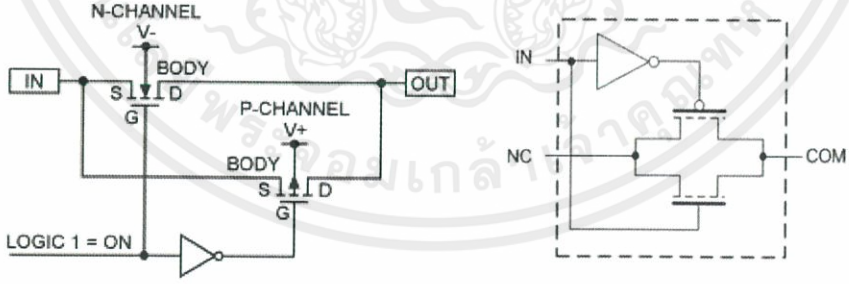
รูปที่ 2.2 ไอซีแบบอนาล็อกและวงจรสมมูล

ไอซีอนาล็อกสวิตช์ (Analog Switch IC) อนาล็อกสวิตช์เป็นหนึ่งในไอซีแบบอนาล็อกสวิตช์ทำงานเหมือนรีเลย์แต่ไม่มีหน้าสัมผัส สำหรับเปิดปิดสัญญาณขนาดเล็กแบบอนาล็อก สามาราสั่งเปิดปิดได้อย่างรวดเร็วไม่มีเสียงดัง มีขนาดเล็ก และประหยัดพลังงาน



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลภายในไอซีอนาล็อกสวิตช์

ในการจะสั่งให้ทำการเปิดปิดอนาล็อกสวิตช์จะจ่ายแรงดันไปที่ขา IN (Logic Level Inputs) หรือ ขาเกรต ในขณะที่จ่ายไฟเลี้ยงให้ไอซีโครงสร้างภายในของอนาล็อกคือซีมอสอนาล็อกสวิตช์



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของไอซีอนาล็อกสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบงานที่เป็นอนาล็อกสวิตช์คุณสมบัติที่ต้องทดสอบได้แก่

- ค่าความต้านภายในขณะสวิทช์ปิด (On Resistance Test)
- พลังงานที่ใช้ในระหว่าง เกทเปิด และ เกทปิด (Supply Current Test)
- วัดกระแสรั่วไหลที่ขา IN หรือ ขาเกท (Input Leakage Current test)
- วัดกระแสรั่วไหลที่ขา COM และ NO ในระหว่างขา IN หรือ ขาเกท ปิด (OFF Leakage)
- วัดกระแสรั่วไหลที่ขา COM ในระหว่างขา IN หรือ ขาเกท เปิด (ON Leakage)
- วัดเวลาในการเปิดปิดอนาล็อกสวิทช์ (Timing Test)

2.1.1.2 ไอซีแบบดิจิตอล (Digital IC)

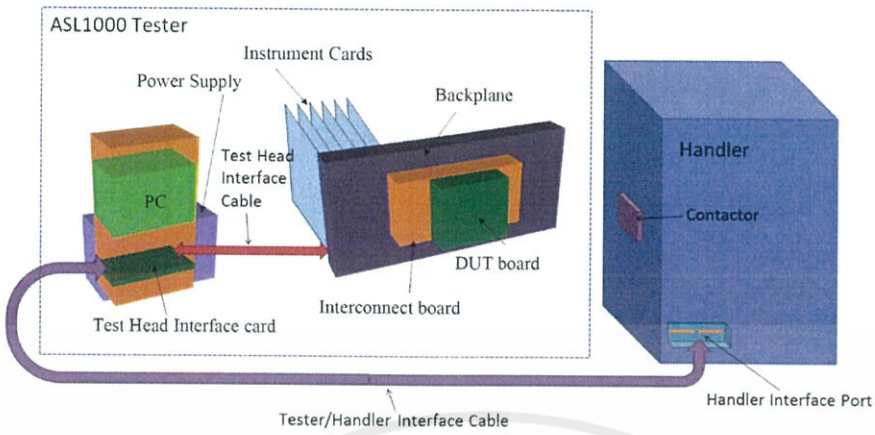
ไอซีดิจิตอลเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการสวิตช์ทางดิจิตอลและไมโครโพรเฟสเซอร์ เพื่อใช้ในการคำนวณหรือเครื่องประมวลผลต่างๆโครงสร้างภายในเป็นวงจรทรานซิลเตอร์

รูปที่ 2.5 ไอซีแบบดิจิตอล หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์

2.2 กระบวนการทดสอบวงจรรวมหรือไอซี

ในการทดสอบวงจรรวมหรือไอซีเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตวงจรรวม การทดสอบวงจรรวมคือการคัดเลือกไอซีที่ไม่ได้คุณภาพออกก่อนที่จะนำไอซีไปใช้งาน เพื่อเป็นการรับประกันและสร้างความเชื่อมั่นให้กับบุลคลที่นำไอซีไปใช้งานหรือออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ให้เป็นไปตามคุณสมบัติใน Datasheet การทดสอบวงจรรวมอุปกรณ์สำคัญในทดสอบจะประกอบไปด้วย Tester, DUT Board(Device Under Test Board) , PC (Personal Computer) และ Handler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ระบบและอุปกรณ์ในการทดสอบวงจรรวม

2.2.1 เครื่องทดสอบไอซี (Tester)

เครื่องทดสอบไอซีเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สำคัญในทดสอบไอซีโดยมีหน้าที่จ่ายแรงให้ ไอซี และทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการจะวัด เครื่องทดสอบไอซีนั้นจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมที่ทำการโปรแกรมขึ้นพร้อมทั้งเครื่องทดสอบไอซีจะต้องเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบไอซี ตัวอย่างเครื่องทดสอบไอซี เช่น เครื่อง TMT

รูปที่ 2.7 เครื่องทดสอบวงจรรวม TMT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบวงจรรวม หรือ DUT Board (Device under Test Board)

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบไอซีทำหน้าที่จำลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการทดสอบฟังก์ชันการใช้ของวงจรรวมโดย DUT Board จะถูกเชื่อมต่อกับ Tester และ Tester ทำการจ่ายไฟให้กับ DUT Board และทำการวัดค่าแรงดัน หรือ กระแสจากไอซี แล้วนำค่าที่วัดได้มาประมวณผลผ่านโปรแกรม ตัวอย่าง DUT Board ที่ใช้ทดสอบงานที่เป็นอนาล็อกสวิตช์ AG4X

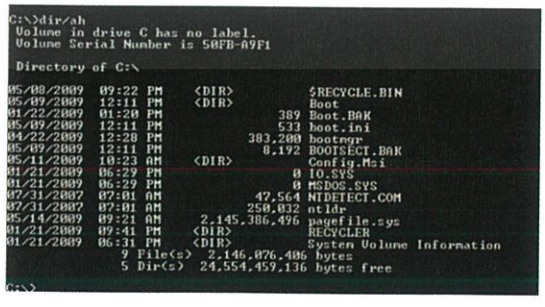
รูปที่ 2.8 DUT Board ที่ใช้ทดสอบงานที่เป็นอนาล็อกสวิทช์ AG4X

2.2.3 คอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ทดสอบงาน

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบงานจะใช้ระบบปฏิบัติการอยู่ 2 ประเภท ระบบปฏิบัติดอส (DOS : Disk Operating System) และ ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นที (Windows NT)

2.2.3.1 ระบบปฏิบัติการดอส (DOS: Disk Operating System)

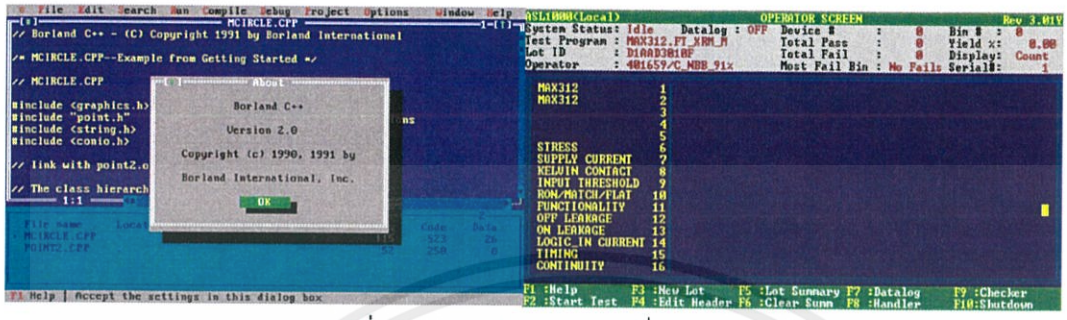
Dos ย่อมาจาก Disk Operating System เป็นระบบปฏิบัติการรุ่นแรก ๆ ซึ่งการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีการทำงานบนระบบปฏิบัติการดอสเป็นหลัก โดยการทำงานส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานโดยการใช้คำสั่งผ่านบรรทัดคำสั่ง (Command Line) ที่นิยมใช้กันคือ MS-Dos ซึ่งต่อมาระบบปฏิบัติการดอสจะถูกซ่อนอยู่ใน Windows



รูปที่ 2.9 รูปแบบของระบบปฏิบัติการดอส

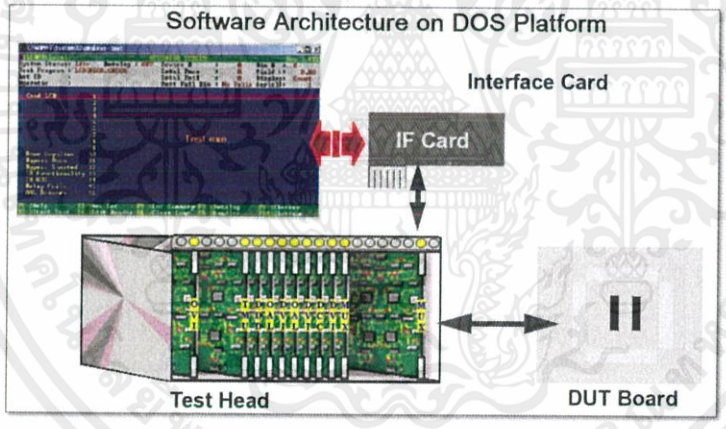
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการทดสอบงานในระบบปฏิบัติการดอสจะใช้โปรแกรมที่ในการทดสอบงานคือ Borland C เพื่อใช้ในการทดสอบไอซีในฟังชันก์ต่างๆ



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่น Borland C

ในการทดสอบงานในระบบปฏิบัติการดอสจะใช้โปรแกรม Borland C จะสั่งงานไปที่ Interface Cards ที่อยู่ใน tester แล้ว Instrument Cards จะทำการจ่ายแรงดันไปที่ DUT Board จะทำการวัดค่าที่ได้จากไอซีกลับมากประมวณผลได้รูปต่อไปนี้



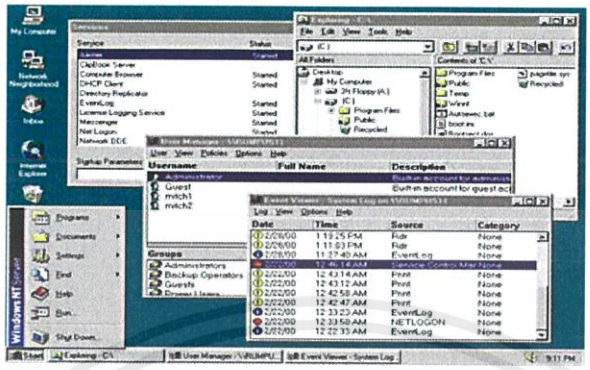
รูปที่ 2.11 รูปแบบการทำงานของระบบปฏิบัติการดอส

2.2.3.2 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นที (Windows NT)

Windows NT เป็นระบบปฏิบัติการแบบ Microsoft Windows บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ได้รับการออกแบบสำหรับผู้ใช้และธุรกิจของระบบ ที่มีความสามารถระดับสูง Windows NT แบ่งได้ 2 ระดับ คือ Windows NT Workstation และ Windows NT Server Workstation โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยธุรกิจ ซึ่งต้องการมีความเร็วและระบบที่เสียหายน้อย Windows NT เป็นระบบปฏิบัติการเครือข่ายแบบ 32 บิตที่สามารถทำงานหลายๆงานควบคู่กันไปได้และยังสนับสนุนระบบหลายโปรเซสเซอร์ รวมทั้ง

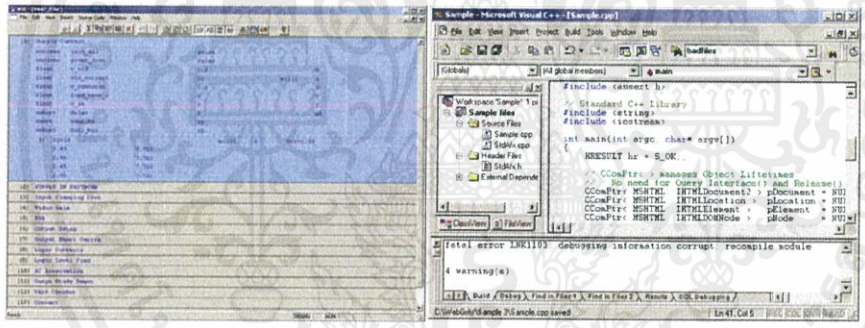
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลแบบสมมาตรที่เป็นการ กระจายงานออกไปยังโปรเซสเซอร์ทั้งหลายให้ช่วยกันทำการประมวลผลอย่างได้สมดุล

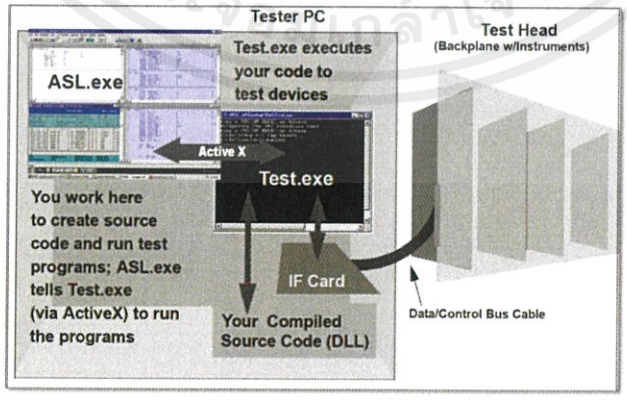


รูปที่ 2.12 รูปแบบของระบบปฏิบัติวินโดวส์เอ็นที

ซึ่งในการทดสอบงานในระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นทีจะใช้โปรแกรมที่ในการทดสอบงาน คือ Visual ATE ใช้จะโปรแกรม Visual C++ 6.0 เป็นตัวแปลง code เพื่อสั่งงานไปยัง Interface Cards ที่อยู่ใน tester แล้ว Instrument Cards จะทำการจ่ายแรงดันไปที่ DUT Board



รูปที่ 2.13 โปรแกรม Visual ATE และ โปรแกรม Visual C++ 6.0



รูปที่ 2.14 รูปแบบการทำงานของระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เครื่องจับตัวงานรับและโหลดตัวงาน (Handler)

เครื่องจับตัวงานรับและโหลดตัวงานมีหน้าที่จับตัวงานที่ทำการโหลดเข้ามา และปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการทดสอบ เมื่อเครื่องทดสอบงานได้ทำการทดสอบไอซีแล้วจะส่งสัญญาณกลับที่ เครื่องจับตัวงานเพื่อให้ทำการคัดเลือกตัวงานดีและเสียออกจากกัน ในแต่แพ็คเกจของไอซีจะต้องใช้ เครื่องจับตัวงานให้เหมาะกับการทดสอบงาน

รูปที่ 2.15 เครื่องจับตัวงานและโหลดตัวงาน

2.2.5 Instrument Cards

Instrument Cards คือฮาร์ดแวร์ที่สำคัญอยู่ที่เครื่องทดสอบงาน TMT SYSTEM หรือถูกเรียกว่า การ์ด แต่ละกาดมีหน้าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น

- DVI Card (Dual Voltage/Current Source) มีฟังก์ชันในการโปรแกรมแรงดันและกระแส และยังสามาราวัดค่าของแรงดันและกระแสได้

- MUX Card (Resource Multiplexer) จะมีอยู่ 8 banks โดยที่แต่ละ banks จะมี 4 channel หรือ มี relay อยู่ 4 ตัว ทำให้เกิด 32 ช่องทาง relay matrix บาง banks จะมีการต่อrelay ที่สามารถ เชื่อมต่อไปที่ system ground และ user busses

- TMU (Time Measurement Unit) มีฟังก์ชันในการวัดค่าเวลา ของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

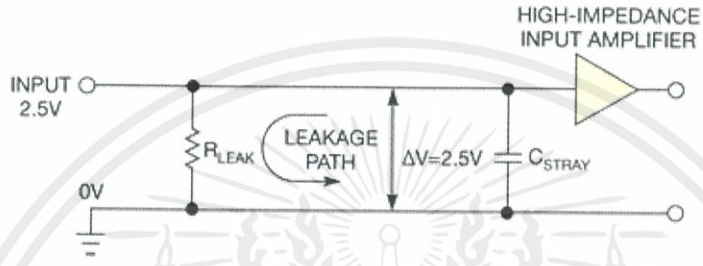
- DDD (Digital Driver and Detector) มีฟังก์ชันเพื่อใช้ทดสอบงานประเภท Digital และ Mixed-signal

- DCC (Data Converter Card) มีฟังก์ชันเพื่อใช้ในการทดสอบตัว IC แบบ ADC (analog to digital converter) และ DAC (digital to analog converter) ที่รองรับถึง 16-bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระแสรั่วไหล (Leakage Current)

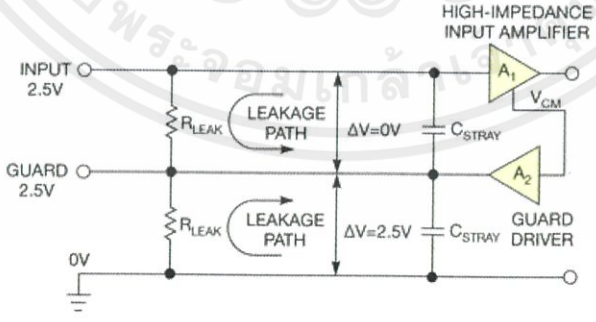
กระแสรั่วไหล คือกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลมาจากอุปกรณ์อื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องการ กระแสรั่วไหลเกิดมาจากความปิดปกติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ ฮาร์ดแวร์ ในการทดสอบวงจรรวมหรือไอซีนั้นเพื่อจะต้องการวัดค่าพารามิเตอร์ให้แม่นยำที่สุดนั้นจะต้องทำให้กระแสรั่วไหลต่ำที่สุด ในการที่จะวัดกระรั่วไหลที่ระดับต่ำๆได้จะต้องใช้วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์ (PAM : Pico Amp Meter) จะสามารถวัดกระแสในระดับ นาโนแอมป์ หรือ พิโคแอมป์ได้



รูปที่ 2.16 กระแสรั่วไหลในวงจร

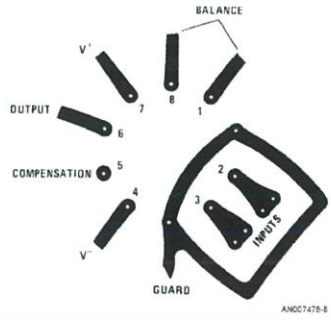
2.4 การ์ดริง (Guard ring)

การ์ดริงเป็นวิธีป้องกันทางไฟฟ้าถูกใช้เพื่อป้องกันวงจรต้องการวัดกระแสไฟฟ้าต่ำๆที่ไม่ต้องการกระแสรั่วไหล วิธีนี้ถูกใช้แก้ปัญหาเรื่องกระแสรั่วไหลขนาดระดับต่ำๆ ที่ผ่านสายไฟและลาย PCB ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัด โดยมีหลักการป้องกันโดยให้แรงดันที่เท่ากันระหว่างสายหรือไลน์ที่ต้องการป้องกันกับชิลด์ที่หุ้มหรือล้อมรอบ การที่ทำให้แรงดันเท่ากันแล้วจะทำให้ไม่มีการไหลของกระแส การ์ดริงถูกนำไปใช้ป้องกันขาอินพุทของออปแอมป์เพื่อป้องกันจุดที่เป็นอินพุทมีค่าอิมพีแดนซ์สูงจากกระแสรั่วไหล



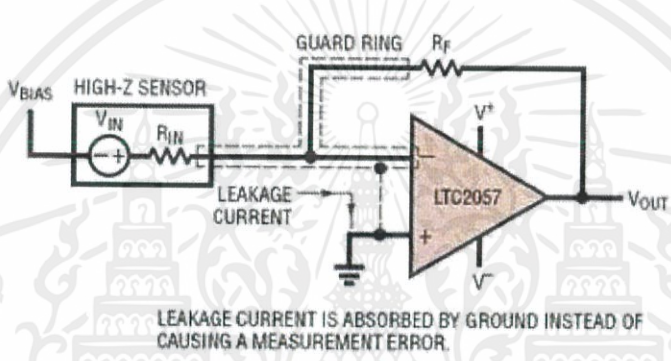
รูปที่ 2.17 เพิ่มการ์ดริงระหว่างอินพุทกับกราวด์เพื่อลดกระแสรั่วไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Bottom View

รูปที่ 2.18 ตัวอย่าง Layout ที่ใช้การ์ดริงที่ขาอินพุทออปแอมป์



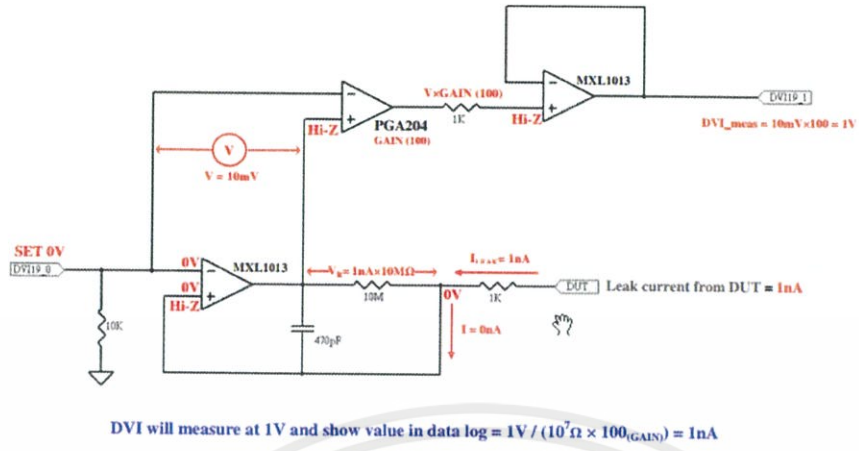
รูปที่ 2.19 ตัวอย่าง Layout ของวงจรขยายกลับเฟสกับการ์ดริง

2.5 วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์ (PAM: Pico Amp Meter)

วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์เป็นวงจรที่ใช้วัดกระแสที่ในระดับพิโคแอมป์ โดยหลักการทำงานจะแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นแรงดันแล้ว ใช้วงจร PGA (Programmable Gain Instrumentation Amplifier) ขยายแรงดันไปที่เอาท์พุทแล้ววัดแรงดัน จากนั้นนำค่าแรงดันที่

เอาท์พุทมาคำนวณกลับตามอัตราขยายจากที่ได้กำหนดไว้ แล้วจะได้ค่ากระแสที่วัดได้ใน ระดับพิโคแอมป์ หรือ นาโนแอมป์

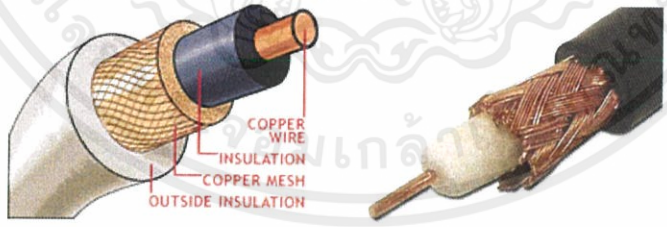
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 วงจรพิโคแอมป์มิเตอร์

2.6 สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)

สายโคแอกเชียลเป็นตัวกลางเชื่อมโยงมีลักษณะเช่นเดียวกับสายที่ต่อจากอากาศ สายโคแอกเชียลที่ใช้ทั่วไปมี 2 ชนิด คือ 50 โอห์มซึ่งใช้ส่งข้อมูลแบบดิจิทอล และชนิด 75 โอห์มซึ่งใช้ส่งข้อมูลสัญญาณอนาล็อก สายประกอบด้วยลวดทองแดงที่เป็นแกนหลักหนึ่งเส้นที่หุ้มด้วยฉนวนชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันกระแสรั่วไหล จากนั้นจะหุ้มด้วยตัวนำซึ่งทำจากลวดทองแดงถักเป็นเปีย เพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นแม่เล็กไฟฟ้าและสัญญาณรบกวนอื่นๆ ก่อนจะหุ้มชั้นนอกสุดด้วยฉนวนพลาสติก ลวดทองแดงที่ถักเป็นเปียนี้เองเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ สายแบบนี้มีช่วงความถี่สัญญาณไฟฟ้าสามารถผ่านได้สูงมาก และนิยมใช้เป็นช่องสื่อสารสัญญาณอนาล็อกเชื่องโยงใต้ทะเลและใต้ดิน



รูปที่ 2.21 สายโคแอกเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าและการที่จะให้รีเลย์ทำงานต้องให้ตามที่กำหนด เมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ รีเลย์จะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และทางตรงกันข้ามถ้าไม่จ่ายไฟให้รีเลย์ก็กลายเป็นวงจรเปิด แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

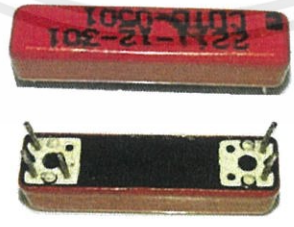
2.7.1 รีเลย์กำลัง (power relay)

รีเลย์กำลัง หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

รูปที่ 2.22 รีเลย์กำลัง

2.7.1 รีเลย์ควบคุม (control Relay)

รีเลย์ควบคุมมีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม



รูปที่ 2.23 รีเลย์ควบคุม

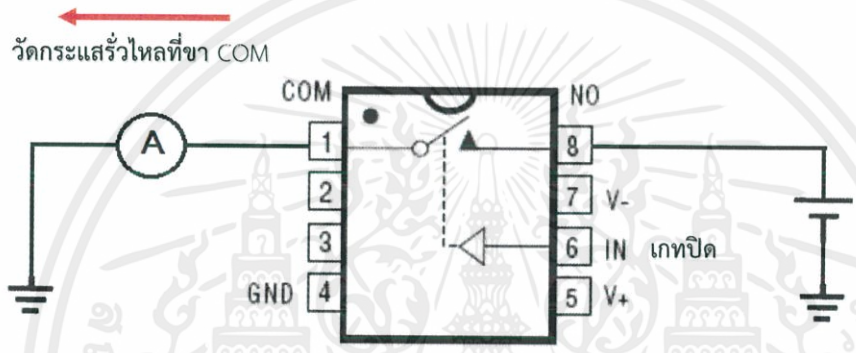
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักพื้นฐานการวัดกระแสรั่วไหล

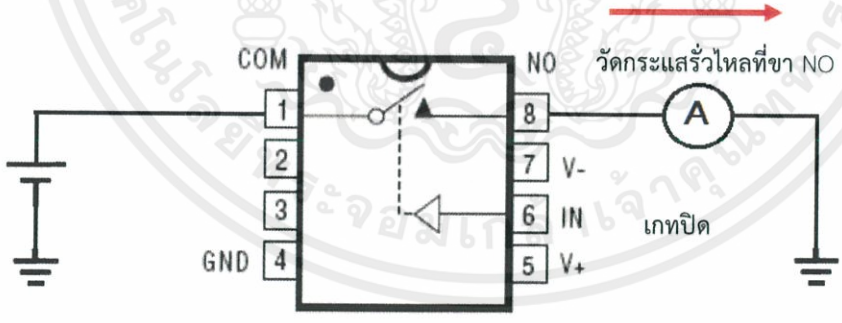
ในการวัดกระแสรั่วไหลในไอซีอนาล็อกสวิตช์จะแบ่งการวัดเป็น 2 แบบ คือการวัดกระแสรั่วไหลขณะเกทปิด (OFF Leakage) และการวัดกระรั่วไหลขณะเกทเปิด (ON leakage)

2.8.1 การวัดกระแสรั่วไหลขณะเกทปิด (OFF Leakage)

การวัดกระแสรั่วไหลขณะเกทปิดจะทำการวัดกระแสรั่วไหลที่ขา Common และ Normal close(NC) หรือ Normal open(NO)



รูปที่ 2.24 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขา com ขณะเกทปิด

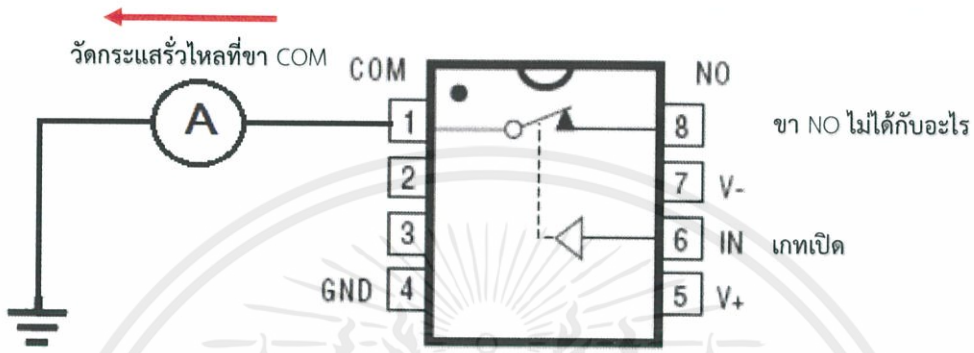


รูปที่ 2.25 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขา NO ขณะเกทปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การวัดกระรั่วไหลขณะเกทเปิด (ON leakage)

การวัดกระรั่วไหลขณะเกทเปิดจะทำการวัดกระแสรั่วไหลที่ขา common และขา Normal open(NO) จะไม่ต้องต่อเข้ากับอะไร



รูปที่ 2.26 การวัดกระแสรั่วไหลที่ขา com ขณะเกทเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนิดงาน

การดำเนินงาน	เดือน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.การกำหนดหัวข้อโครงงาน																
2.วางแผนการทำงาน																
เรียนรู้งานของแผนก																
เรียนรู้เครื่อง TMT tester และโปรแกรม ATE Programming																
เรียนรู้วงจร AG4X																
หาต้นสาเหตุของปัญหาวงจร AG4X																
3.ทำการปรับปรุงเพื่อลดกระแสรั่วไหล																
4.ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่																
เขียน Schematic AG4X ใหม่																
ทำการ Layout วงจร AG4X ใหม่																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การกำหนดหัวข้อโครงงาน

การกำหนดหัวโครงงานมีที่มาจากปัญหาของกระบวนการทดสอบไอซี ไม่สามารถทดสอบไอซีให้ได้ประสิทธิภาพนั้นเป็นเนื่องมาจาก อุปกรณ์หรือฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการทดสอบไอซีเกิดความเสียหาย จึงเป็นแนวคิดที่แก้ไขและปรับปรุงให้อุปกรณ์หรือฮาร์ดแวร์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เพื่อทำให้การทดสอบไอซีถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

3.2 วางแผนการทำงาน

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานจาก บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด จึงต้องมีการเรียนรู้จากบริษัท แผนก และทีม เป็นอันดับแรก เพื่อทราบข้อจำกัดของงานที่จะทำ การวางตัวที่เหมาะสมในบริษัท รู้สิ่งที่ควรและไม่ควรทำ ข้อปฏิบัติ กฎระเบียบต่างๆภายในบริษัท และทำความรู้กับบุลคลภายในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

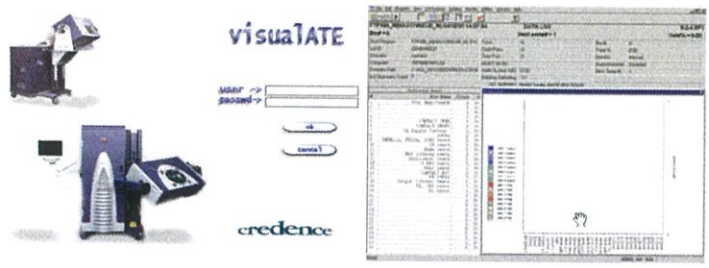
3.2.1 เรียนรู้งานของแผนก

เนื่องจากโครงงานนี้ เป็นโครงงานจาก บริษัท แม็กซิม อินทริเกรดเต็ด โปรดักส์ ประเทศไทย จำกัด ซึ่งโครงงานเกี่ยวข้องกับแผนก TPE ซึ่งเป็นแผนกในการดูแลไลน์การผลิต เรียนรู้กระบวนการทำงานของแผนก อุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้เกี่ยวกับการทำโครงงาน

3.2.2 เรียนรู้เครื่อง TMT tester และ โปรแกรม ATE Programming

แผนก TPE เป็นที่เกี่ยวกับการดูแลเกี่ยวกระบวณการทดสอบไอซีและแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดในระหว่างกระบวณการทดสอบไอซี อุปกรณ์สำคัญที่ต้องรู้คือ เครื่องทดสอบไอซี หรือ TMT Tester และโปรแกรม ATE Programming เป็นสิ่งที่ต้องเรียนรู้เป็นอันดับแรกซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการทำโครงงาน TMT Tester เป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์อื่นๆ ที่ใช้ในการทดสอบไอซี โดย TMT Tester มีหน้าที่ในการจ่ายแรงดันและทำการวัดค่าแรงดันแล้วนำกลับมาประมวณผล เครื่อง TMT Tester จะถูกควบคุมคอมโดยพิวเตอร์ซึ่งมีโปรแกรม ATE Programming เป็นตัวสั่งงานจำเป็นต้องรู้ฟังก์ชันการทำงานของคำสั่งต่างๆ ที่ไปใช้กับการควบคุมเครื่อง TMT Tester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

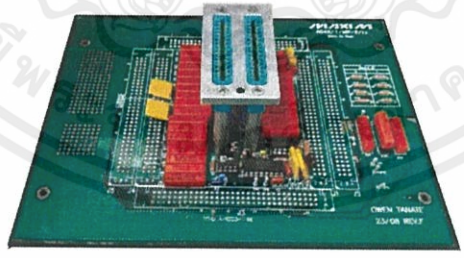


รูปที่ 3.1 หน้าต่างโปรแกรม ATE Programming

รูปที่ 3.2 เครื่อง TMT tester

3.2.3 เรียนรู้วงจร AG4X

วงจร AG4X เป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบไอซีหรือเรียกว่า DUT Board (Device Under Test Board) โดยที่ AG4X นั้นเป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบไอซีประเภทอนาล็อกสวิตช์ที่เป็น 4 Channels โดยวงจร AG4X จะประกอบไปอุปกรณ์ภายในด้วย Relay วงจร PAM(Pico Amp Meter) และวงจร Timing ซึ่งในวงจร AG4X สามารถทดสอบไอซีได้หลาย Package ที่เป็นอนาล็อกสวิตช์ที่เป็น 4 Channels

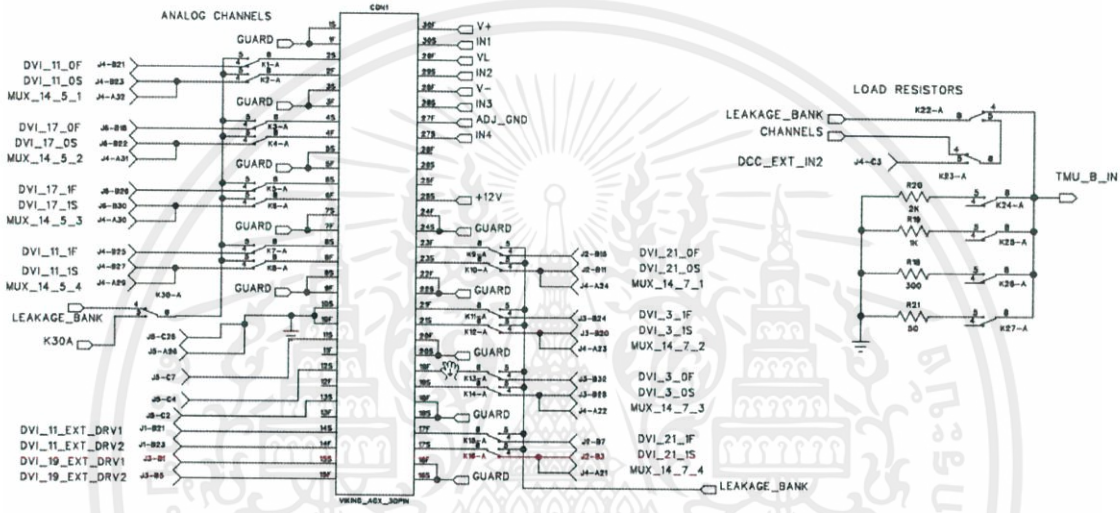


รูปที่ 3.3 AG4X DUT Board

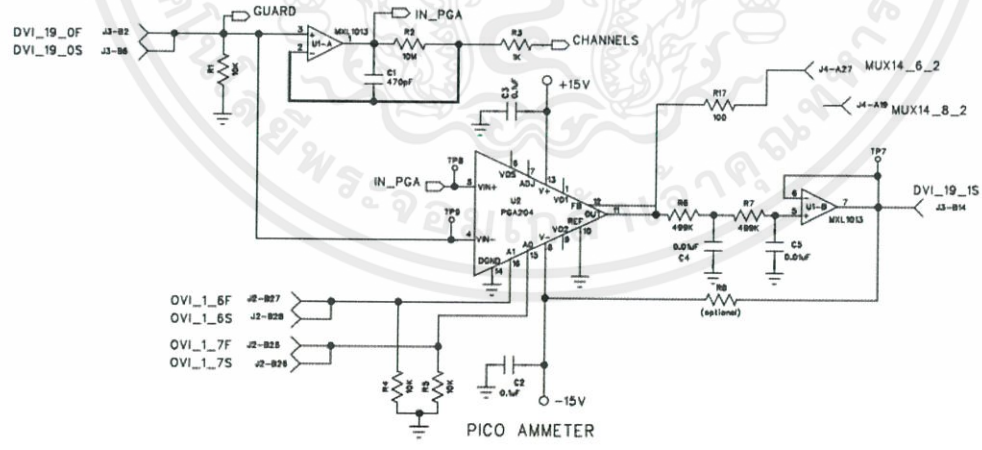
Relay ในวงจร AG4X มีหน้าที่ในการเปิดปิดในเพื่อในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากไอซีอนาล็อกสวิตท์ ซึ่งหนึ่งในคุณสมบัติที่ไอซีอนาล็อกต้องทดสอบคือ กระแสรั่วไหล (Leakage Current) แต่ค่ากระแสรั่วไหลที่ต้องการวัดนั้นเป็นค่าที่อยู่ในระดับต่ำมากๆในระดับ นาโนแอมป์ หรือ พิโคแอมป์ ซึ่ง Card ของ เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TMT tester ไม่สามารถวัดค่า ดังนั้นจึงต้องมีวงจร PAM เข้ามาช่วยในการวัดค่ากระแสรั่วไหลในระดับต่ำๆ ได้ โดยวงจร PAM มีหลักการทำงานโดยเปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดันแล้วใช้แล้วทำการขยายแรงดันโดยใช้ไอซี PGA (Programmable Gain Instrumentation Amplifier) แล้วให้ Card จากเครื่อง TMT tester อ่านค่าแรงดันเอาพุทจาก PGA แล้วให้โปรแกรมคำนวณค่ากลับแล้วจะได้ค่ากระแสรั่วไหลจากการทดสอบไอซี ในการวัดกระแสรั่วไหลทุกๆครั้งจะต้องวัดออฟเซตของฮาร์ดแวร์ก่อนเพื่อที่จะทำให้วัดค่าถูกต้อง ส่วนที่เป็น Leakage bank ทำหน้าที่เป็นทางเดินของกระแสหรือใช้วัดกระแสรั่วไหล ซึ่งเป็นสายไฟที่ต่อออกจาก Board เพื่อใช้การวัดในกระแสไฟฟ้าในระดับ นาโนแอมป์ หรือ พิโคแอมป์



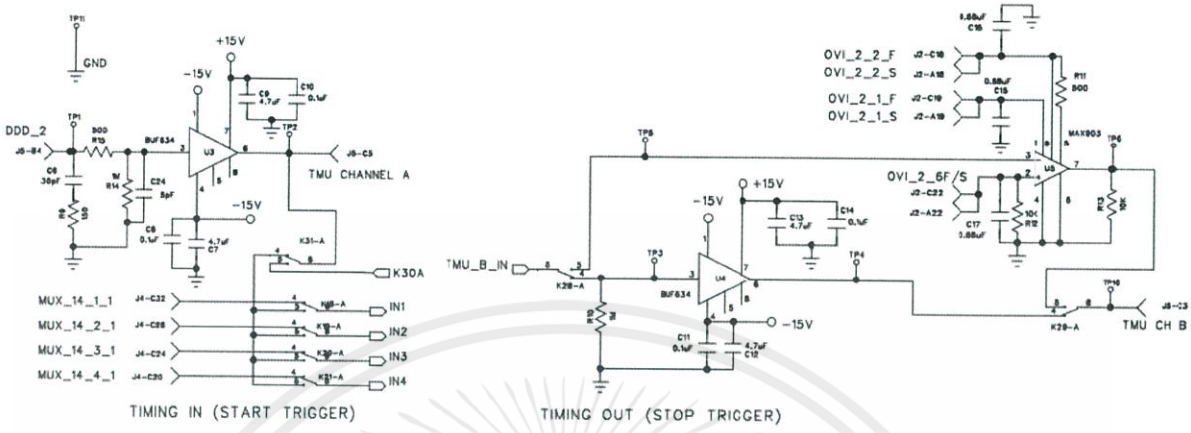
รูปที่ 3.4 วงจร AG4X ส่วน ANALOG CHANNELS และ ส่วนที่เป็น LEAKAGE BANK



รูปที่ 3.5 วงจร AG4X ส่วนที่เป็นวงจร PAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่เป็นวงจร Timing ทำหน้าที่ในการวัดเวลาที่ในขณะเปิดและปิดของอนาล็อกสวิตช์



รูปที่ 3.6 วงจร AG4X ส่วนที่เป็นวงจร Timing

3.2.4 สาเหตุของปัญหาวงจร AG4X

อนาล็อกสวิตช์เป็นหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีการทดสอบมากที่สุดในไลน์การผลิต ปัญหาส่วนใหญ่ที่ทำให้ทดสอบงานไม่ผ่านนั้นมาจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้ทดสอบ หรือ วงจร AG4X เกิดความเสียหาย จึงต้องไปหาสาเหตุว่าในวงจรอุปกรณ์ในวงจรเกิดความผิดปกติ ในการหาสาเหตุในการตรวจสอบว่าวงจร AG4X เสียจากอุปกรณ์ใด จะต้องใช้ Hardware Checker ช่วยในการหาสาเหตุ จึงได้สาเหตุของปัญหามาได้ดังนี้

3.2.4.1 ปัญหาจากกระแสรั่วไหลจากรีเลย์

ปัญหาจากกระแสรั่วไหลมาจากรีเลย์ รีเลย์ที่เกิดกระแสรั่วไหล หรือ ที่รีเลย์เกิดความชื้นที่มาจากการสัมผัสมือมนุษย์ในขณะซ้อมฮาร์ดแวร์จึงได้ทำการเปรียบเทียบรีเลย์ที่เกิดกระแสรั่วไหลกับไม่เกิดกระแสรั่วไหลมาทำการวัดค่าผลที่ได้ดังนี้

รูปที่ 3.7 รีเลย์ที่เกิดกระแสรั่วไหลและไม่รั่วไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนอื่นนำรีเลย์ที่รั่วไหลไปใส่ในวงจร AG4X จะทำให้ได้ค่ากระแสที่วัดผลที่ได้ตามนี้ Data log ที่ 1 ก่อน

Datalog Name :- DATALOG Test Prog :- DATALOG. Date :- 7/ 7/2016 12:45
Lot Number :- Operator Name :-

Serial Number :- 1. Device Number :- 0 PASSED Bin :- 5.

Test #	Test name	Value	P/F	Unit	Max Limit	Min Limit	Notes
01.01	V_NX1	4.4981	1	V	4.6000	4.4000	SHORT CHECK
01.02	V_NX2	7.9971	1	V	8.1000	7.9000	SHORT CHECK
01.03	V_NX3	3.0003	1	V	3.1000	2.9000	SHORT CHECK
01.04	V_NX4	8.9962	1	V	9.1000	8.9000	SHORT CHECK
01.05	V_COM1	4.4980	1	V	4.6000	4.4000	SHORT CHECK
01.06	V_COM2	7.9974	1	V	8.1000	7.9000	SHORT CHECK
01.07	V_COM3	2.9985	1	V	3.1000	2.9000	SHORT CHECK
01.08	V_COM4	8.9986	1	V	9.1000	8.9000	SHORT CHECK
01.09	I_OFFG1	9.3786	1	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G1
01.10	I_OFFG10	7.8930	1	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G10
01.11	I_OFFG100	7.4717	1	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G100
01.12	I_OFF@V1	13.1751	1	nA	15.0000	0.0000	V_COND_1
01.13	I_OFF@V2	1.4956	1	nA	15.0000	0.0000	V_COND_2
01.14	I_OFF@V3	15.2399	F	nA	15.0000	0.0000	V_COND_3
01.15	I_K1AK2A	7.0033	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.16	I_K3AK4A	7.1276	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.17	I_K5AK6A	6.4194	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.18	I_K7AK8A	6.5709	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.19	I_K9AK10A	6.5673	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.20	IK11AK12A	6.3584	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.21	IK13AK14A	6.3584	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.22	IK15AK16A	6.3553	4	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.23	I_100M	99.8295	4	nA	120.0000	80.0000	I_@100M
01.24	I_DCC_LEK	99.6222	4	nA	120.0000	80.0000	LEAK@100M

ใส่รีเลย์รั่วไหลและ Data log ที่ 2 หลังใส่รีเลย์รั่วไหล จะสังเหตุได้ว่าเกิดกระแสรั่วไหลมากขึ้น

รูปที่ 3.8 Data log ที่ 1 ก่อนใส่รีเลย์รั่วไหล

Datalog Name :- DATALOG Test Prog :- DATALOG. Date :- 7/ 7/2016 12:50
Lot Number :- Operator Name :-

Serial Number :- 1. Device Number :- 0 FAILED Bin :- 6.

Test #	Test name	Value	P/F	Unit	Max Limit	Min Limit	Notes
01.01	V_NX1	4.4979	1	V	4.6000	4.4000	SHORT CHECK
01.02	V_NX2	7.9974	1	V	8.1000	7.9000	SHORT CHECK
01.03	V_NX3	3.0005	1	V	3.1000	2.9000	SHORT CHECK
01.04	V_NX4	8.9963	1	V	9.1000	8.9000	SHORT CHECK
01.05	V_COM1	4.4983	1	V	4.6000	4.4000	SHORT CHECK
01.06	V_COM2	7.9980	1	V	8.1000	7.9000	SHORT CHECK
01.07	V_COM3	2.9986	1	V	3.1000	2.9000	SHORT CHECK
01.08	V_COM4	8.9980	1	V	9.1000	8.9000	SHORT CHECK
01.09	I_OFFG1	28.1865	F	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G1
01.10	I_OFFG10	26.4157	F	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G10
01.11	I_OFFG100	15.2956	F	nA	15.0000	0.0000	OFFSET@G100
01.12	I_OFF@V1	13.7250	4	nA	15.0000	0.0000	V_COND_1
01.13	I_OFF@V2	13.5042	4	nA	15.0000	0.0000	V_COND_2
01.14	I_OFF@V3	15.2352	F	nA	15.0000	0.0000	V_COND_3
01.15	I_K1AK2A	15.2535	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.16	I_K3AK4A	11.8966	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.17	I_K5AK6A	14.0642	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.18	I_K7AK8A	10.4820	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.19	I_K9AK10A	10.3152	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.20	IK11AK12A	9.0424	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.21	IK13AK14A	8.9513	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.22	IK15AK16A	8.6667	F	nA	6.8000	0.0000	I_OFFSET
01.23	I_100M	110.3348	4	nA	120.0000	80.0000	I_@100M
01.24	I_DCC_LEK	99.5436	4	nA	120.0000	80.0000	LEAK@100M

รูปที่ 3.9 Data log ที่ 2 หลังใส่รีเลย์รั่วไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก Data log ที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าค่าของกระแสเพิ่มมาขึ้นเมื่อนำรีเลย์ที่รั่วไหลใส่ลงแล้วทำให้ค่ากระแสเพิ่มขึ้นจากนั้นนำรีเลย์จากรูปที่ 3.7 ระหว่างรีเลย์รั่วไหลและไม่รั่วไหลมาวัด ค่าความต้านและค่าความเก็บประจุที่ตัวถังของรีเลย์ด้วยมิเตอร์จะได้ดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 3.10 วัดค่าความเก็บประจุที่ตัวถังของรีเลย์

จากรูปข้างต้นเมื่อทำการวัดรีเลย์ที่มีกระแสรั่วไหลค่าความเก็บประจุมีค่า 0.775 nf ส่วนการวัดค่ารีเลย์ที่กระแสไม่รั่วไหลวัดค่าความเก็บประจุมีค่า 0.157 nf ซึ่งค่าความเก็บประจุของรีเลย์ที่มีกระแสรั่วไหลจากมากว่ารีเลย์ที่ไม่มีกระแสรั่วไหล

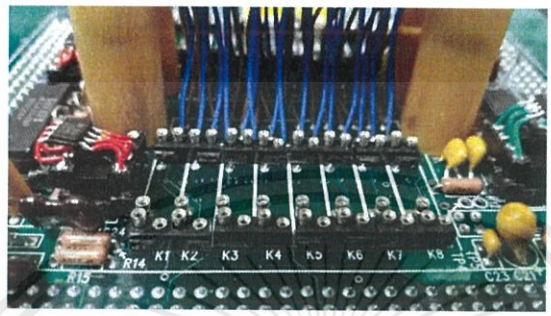
รูปที่ 3.11 วัดค่าความต้านทานที่ตัวถังของรีเลย์

เมื่อทำการวัดค่าความต้านทานของรีเลย์ทีมีกระแสรั่วไหลมีค่า 340.8 MΩ และทำการวัดรีเลย์ที่ไม่มีกระแสรั่วไหลผลคือไม่อ่านค่าความต้านได้ ดั้งนั้นรีเลย์ที่มีกระแสรั่วไหลมีค่าคุณสมบัติเปลี่ยนไปซึงเป็นผลให้รีเลย์มีผลก่อให้เกิดกระแสรั่วไหล

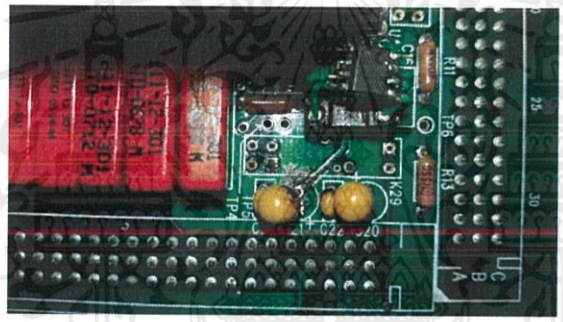
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.2. ปัญหาจากกระแสรั่วไหลตัวบอร์ด

ปัญหาจากกระแสรั่วไหลตัวบอร์ด จาก Socket ที่ใส่รีเลย์ หรือ คราบ ฟัก ที่ความทำความสะอาดไม่ดี



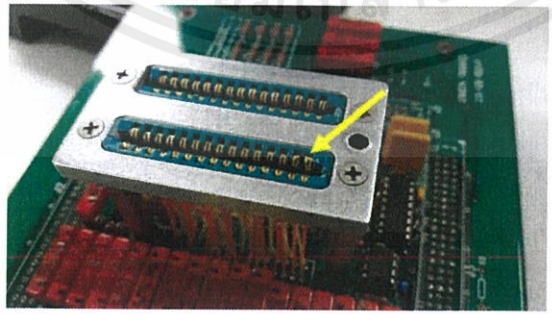
รูปที่ 3.12 Socket ที่รีเลย์



รูปที่ 3.13 คราบฟักจากบอร์ดที่ทำสะอาดไม่ดี

3.2.4.3.ปัญหาจากอื่นๆ

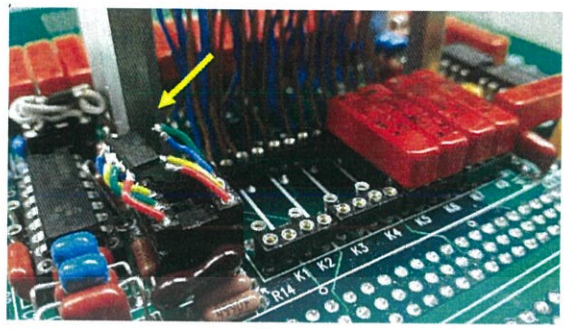
ปัญหาจาก Connector ที่ฮาร์ดแวร์ใช้เชื่อมต่อกับ Handler เกิดการชำรุดเสียหายทำให้ไม่สามารถทดสอบงานได้



รูปที่ 3.14 connector เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

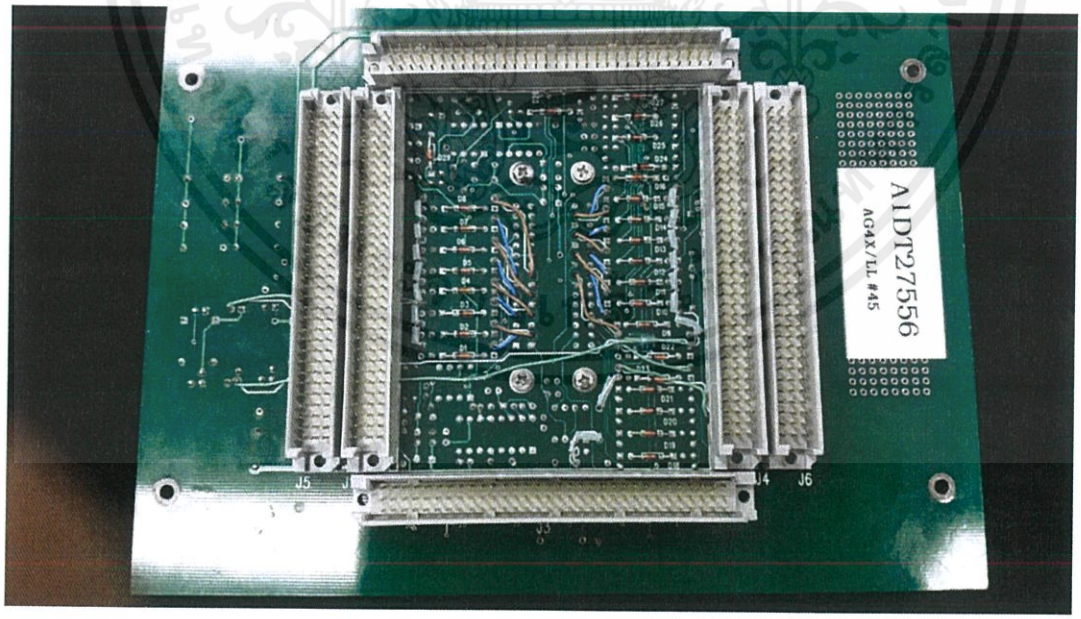
ปัญหาจาก อุปกรณ์ชำรุด



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ชำรุด

3.3 การปรับปรุงเพื่อลดกระแสรั่วไหล

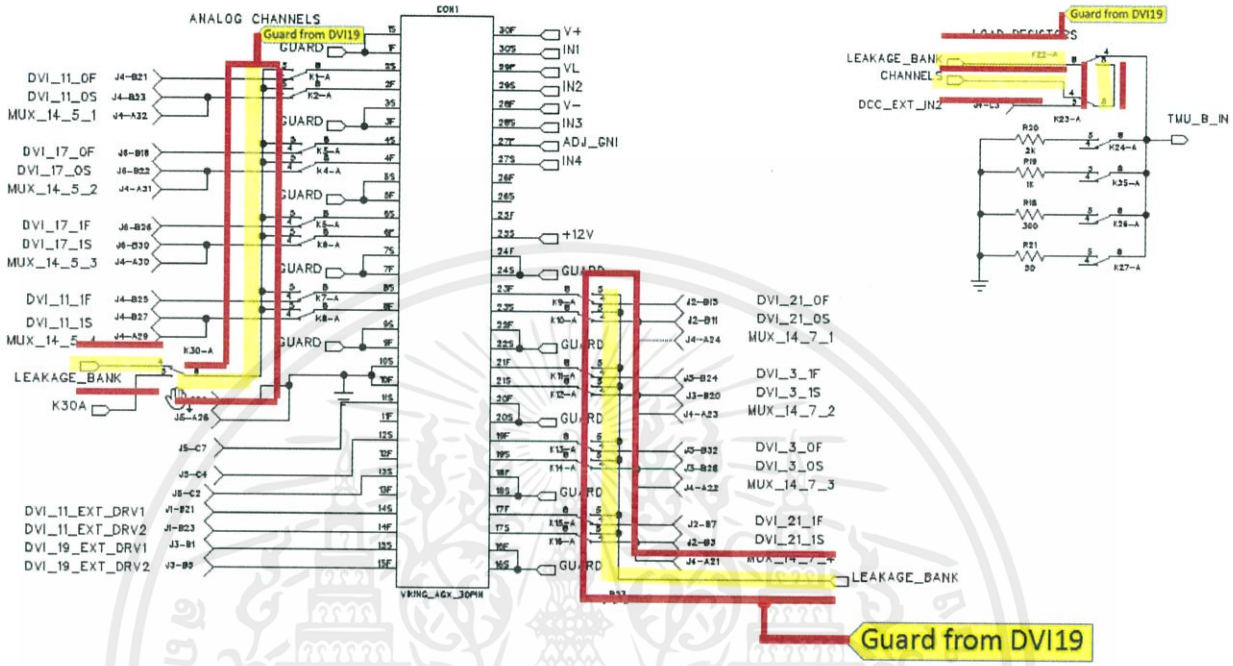
เนื่องจากการทดสอบไอซีประเภทอนาล็อกสวิตช์มีความต้องการวัดกระแสรั่วไหลที่แตกต่างกัน ซึ่งไอซีอนาล็อกสวิตช์ที่ต้องการระดับของค่ากระแสรั่วไหลต่ำๆ โดยมีฮาร์ดแวร์บางตัวไม่สามารถทดสอบให้ผ่านได้ เป็นเพราะฮาร์ดแวร์ AG4X แต่ละตัวมีค่ากระแสรั่วไหลไม่เท่ากัน จึงทำการปรับปรุงฮาร์ดแวร์ AG4X ให้มีระดับค่ากระแสรั่วไหลที่ต่ำที่สุดโดยได้นำหลักการวิธีป้องกันกระแสรั่วไหลหรือทฤษฎีการ์ดไลน์หรือการ์ดริงมาใช้ โดยทำการปลี่ยนสายไฟธรรมดาบริเวณ Leakage bank ไปเป็นสายโคแอกเชียล จากนั้นนำลวดทองแดงชั้นนอกของสายโคแอกเชียลไปต่อเข้ากับการ์ดของ Card DVI19 (DVI19 คือเครื่องมือวัดที่อยู่ที่เครื่องทดสอบงาน)



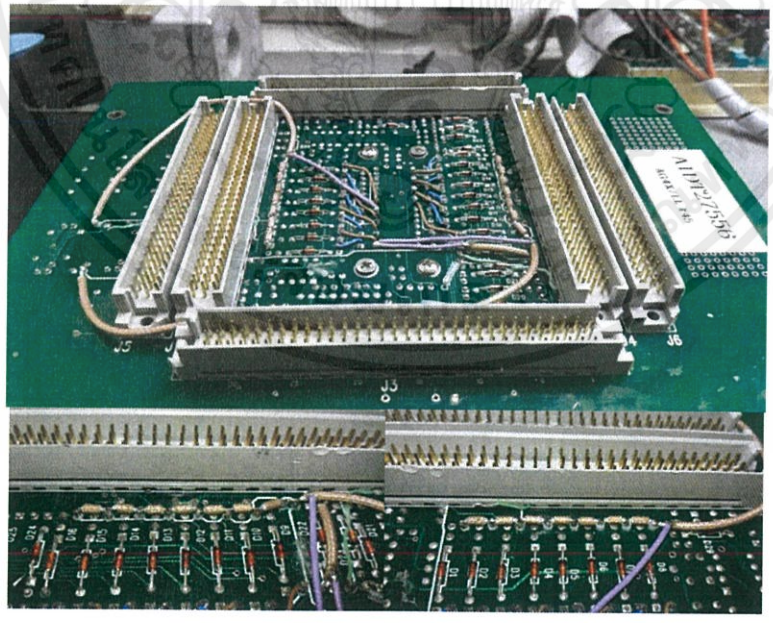
รูปที่ 3.16 ด้านหลังของฮาร์ดแวร์ AG4X ก่อนทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปลี่ยนสายไฟบริเวณ Leakage Bank ธรรมดาเป็นสายสายโคแอกเชียลและทำการนำทองแดงชั้นนอกของสายโคแอกเชียลไปต่อเข้ากับการ์ดของ Card DVI19

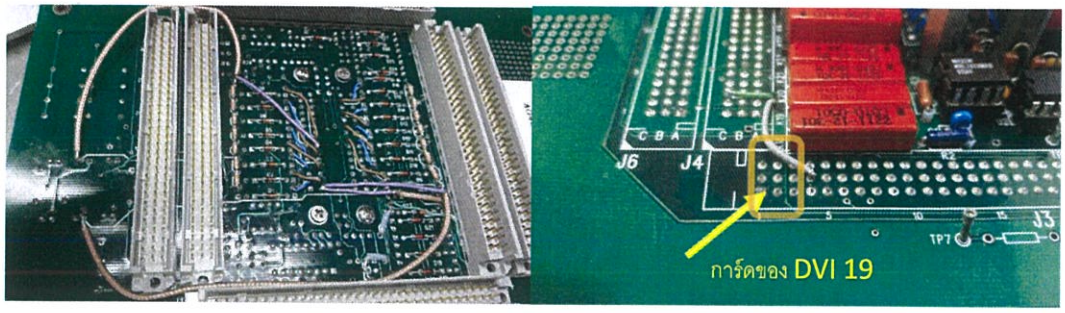


รูปที่ 3.17 บริเวณที่ทำการเปลี่ยนสายไฟ ต่อกับ Guard ของ DVI19 จาก card



รูปที่ 3.18 ด้านหลังของฮาร์ดแวร์ AG4X หลังทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



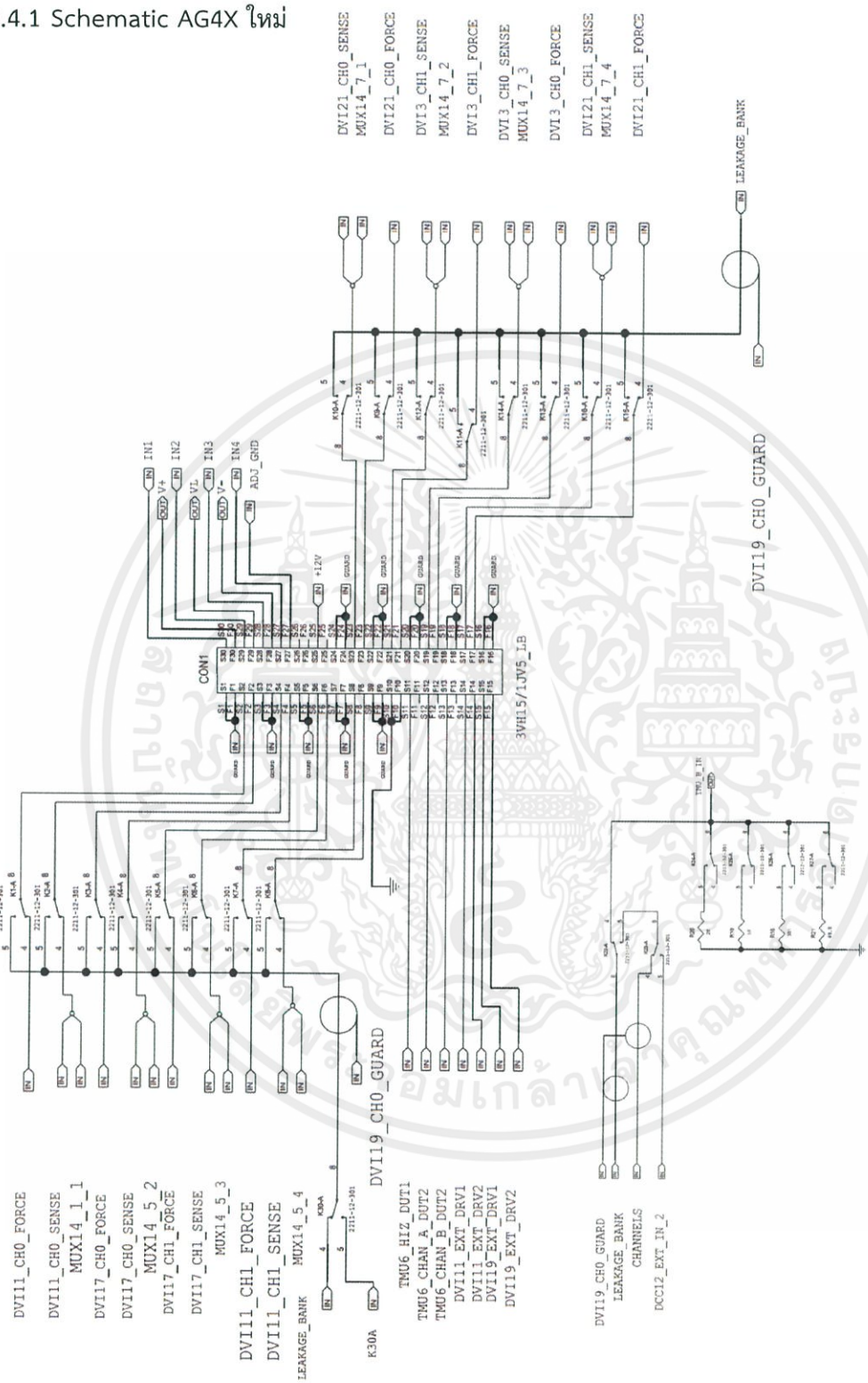
รูปที่ 3.19 นำลวดทองแดงชั้นนอกของสายโคแอกเชียลไปต่อเข้ากับการ์ดของ DVI19 จาก Card

3.4 ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ AG4X ใหม่

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ใหม่ มีหลักมาจากการปรับปรุงโดยจะออกแบบโดยไม่ใช้สายไฟบริเวณที่เป็น Leakage Bank แต่ต้องทำการลากลาย PCB ที่เป็นบริเวณที่เป็น Leakage Bank ให้สั้นที่สุดและพยายามอย่าให้มีสายสัญญาณอื่นๆลากผ่านหรือตัดให้น้อยที่สุด แล้วทำการจากนั้นลากเส้นการ์ดของ DVI19 คุ้มรอบลายที่เป็น Leakage Bank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 Schematic AG4X ใหม่



รูปที่ 3.20 วงจร AG4X ส่วน ANALOG CHANNELS และ ส่วนที่เป็น LEAKAGE BANK ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

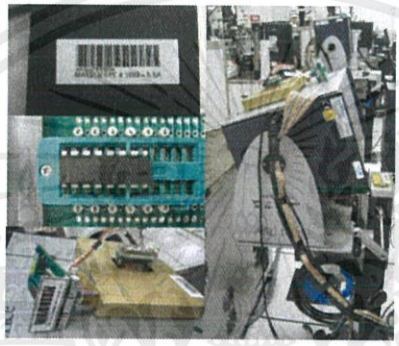
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองตอนที่ 1

ทำการทดลองโดยนำวงจร AG4X ไปทำการทดสอบกับงานที่เป็นอนาล็อกสวิตช์ไอซีเบอร์ MAX313FEPE ที่อุณหภูมิห้องได้ผลดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ทดลองการทดสอบงานเบอร์ MAX313FEPE

รูปที่ 4.2 ฮาร์แวร์ก่อนปรับปรุง (ซ้าย) และฮาร์แวร์หลังปรับปรุง (ขวา)

4.1.1 นำวงจรก่อนปรับปรุงไปทดสอบกับไอซีเบอร์ MAX313FEPE ที่อุณหภูมิห้อง

4.1.2 นำวงจรหลังปรับปรุงไปทดสอบกับไอซีเบอร์ MAX313FEPE ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

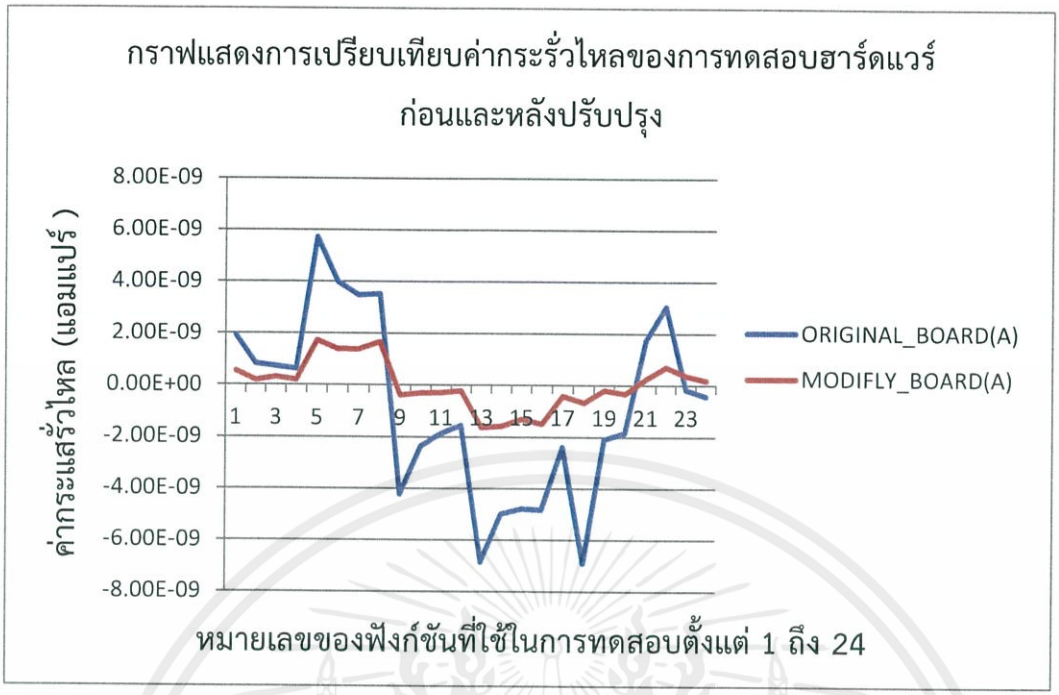
ผลการทดลอง

นำค่าการทดสอบกระแสรั่วไหลทั้งหมดที่วัดได้จากเครื่องทดสอบจำนวน 30 ครั้งมาก่อนและหลังปรับปรุงมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่าตามตารางต่อไปนี้

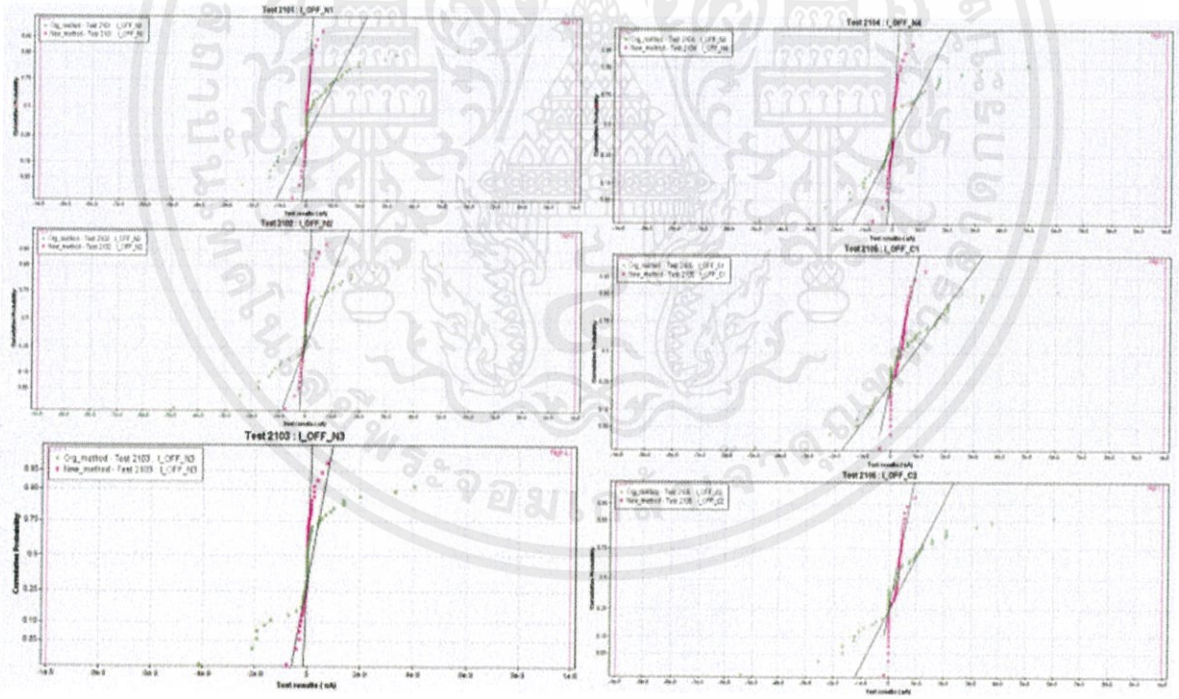
ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากระแสรั่วไหลเฉลี่ยในการทดสอบของฮาร์แวร์ก่อนและหลังปรับปรุง

Test No.	Test name	ORIGINAL_BOARD ค่ากระแสรั่วไหล (A)	MODIFLY_BOARD ค่ากระแสรั่วไหล (A)
1	I_OFF_N1	1.93E-09	5.58E-10
2	I_OFF_N2	8.25E-10	1.95E-10
3	I_OFF_N3	7.27E-10	3.16E-10
4	I_OFF_N4	6.38E-10	2.02E-10
5	I_OFF_C1	5.72E-09	1.74E-09
6	I_OFF_C2	3.99E-09	1.40E-09
7	I_OFF_C3	3.49E-09	1.39E-09
8	I_OFF_C4	3.54E-09	1.68E-09
9	I_OFF_N1	-4.21E-09	-3.68E-10
10	I_OFF_N2	-2.35E-09	-2.88E-10
11	I_OFF_N3	-1.87E-09	-2.74E-10
12	I_OFF_N4	-1.55E-09	-2.12E-10
13	I_OFF_C1	-6.84E-09	-1.63E-09
14	I_OFF_C2	-4.98E-09	-1.57E-09
15	I_OFF_C3	-4.78E-09	-1.30E-09
16	I_OFF_C4	-4.81E-09	-1.49E-09
17	I_NO_1	-2.38E-09	-4.10E-10
18	I_NO_2	-6.89E-09	-6.68E-10
19	I_NO_3	-2.09E-09	-1.72E-10
20	I_NO_4	-1.84E-09	-3.15E-10
21	I_NO_1	1.75E-09	2.66E-10
22	I_NO_2	3.05E-09	7.18E-10
23	I_NO_3	-1.49E-10	3.73E-10
24	I_NO_4	-4.22E-10	1.92E-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากระรั่วไหลเฉลี่ยกับหมายเลขของฟังก์ชันของการทดสอบ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการกระจายตัวในการทดสอบกระแสรั่วไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานและการทดลอง

จากการดำเนินงานและการทดลองพบว่าเมื่อการปรับปรุงฮาร์แวร์ วงจร AG4X เพื่อลดกระแสรั่วไหลพบว่าเมื่อนำมาทำการทดสอบกับไอซีเบอร์ MAX313FEPE ที่อุณหภูมิห้อง ค่ากระแสรั่วไหลที่วัดได้จากฮาร์แวร์ที่ทำการปรับปรุงมีค่ากระแสรั่วไหลลดลงมาเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ากระแสรั่วไหลก่อนทำการปรับปรุงจากเดิม แต่ยังมีข้อบกพร่องในการทดสอบอยู่คือการวัดยังไม่นิ่งพอและค่ากระแสรั่วไหลที่วัดได้ยังมีค่าที่แกว่งอยู่

5.2 อุปสรรค

การจัดทำโครงการผู้จัดทำได้พบอุปสรรคประการดังนี้

5.2.1 ต้องใช้เวลานานในการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องทดสอบ

5.2.2 ต้องใช้เวลานานในการศึกษาการใช้เครื่องมือโปรแกรมต่างๆ และทำความเข้าใจวงจร

5.2.3 การในทดสอบหรือทดสอบงานเครื่องที่ใช้ทดสอบมีความเสียหาย หรือ ไม่มีพอสำหรับทำการทดลอง

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.3.1 เพิ่มความแม่นยำและความถูกในการทดสอบไอซี

5.3.2 ลดปัญหาในการซ่อมแซมฮาร์ดแวร์

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ต้องทำความเอาใจวิธีใช้เครื่องมือในการทำโครงงานให้มาก เพื่อที่จะได้ไม่เป็นปัญหาในขณะทำโครงงานและไม่เสียเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] https://www.maximintegrated.com/en/appnotes/index.mvp/id/5299

[2]http://cotorelay.com/wpcontent/uploads/2014/08/2200_series_reed_relay_datasheet.pdf

[3] http://guru.sanook.com/2291/

[4] http://www.linear.com/solutions/1853

[5] http://www.ti.com/lit/ml/slyp173/slyp173.pdf

[6] http://sanong2003.tripod.com/icm1-04.htm

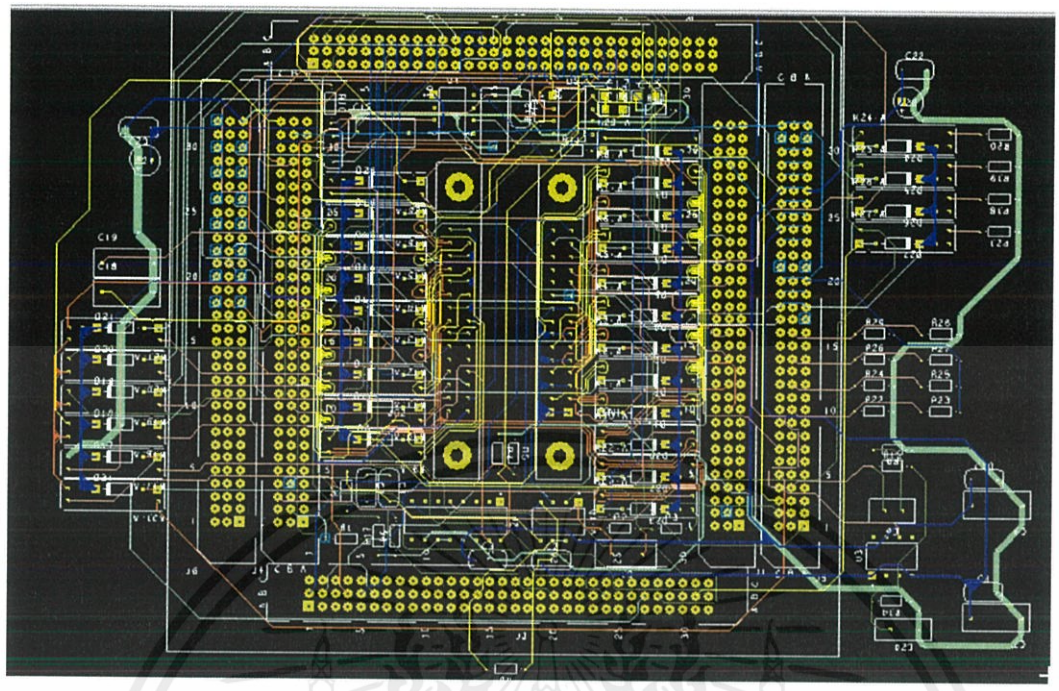
[7] http://www.ictest8.com/tester/ASL1000%20overview.pdf

[8] http://www.analog.com/media/en/training-seminars/design-handbooks/Basic-Linear-Design/Chapter12.pdf

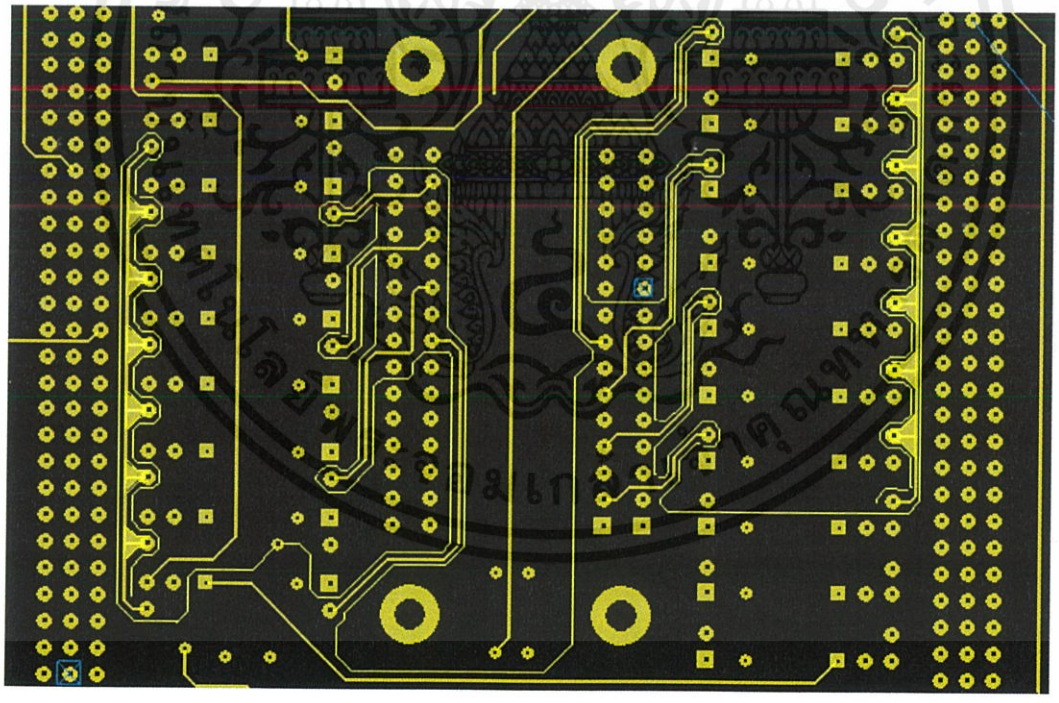
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

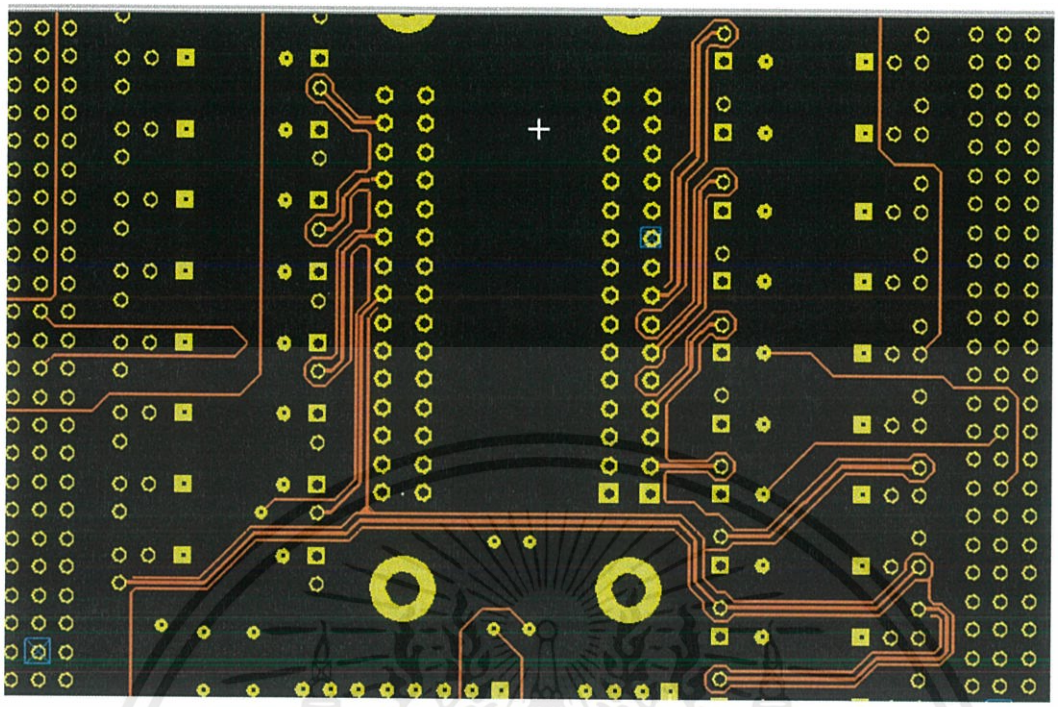


รูปที่ ผนวก1 PCB AG4X ใหม่



รูปที่ ผนวก2 Top Layer Layout บริเวณ Leakage Bank คุ้มด้วยการ์ด DVI19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผนวก3 Bottom Layer Layout บริเวณ Leakage Bank คุ้มด้วยการ์ด DVI19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-0420; Rev 2: 7/02

MAXIM

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

General Description

Maxim's MAX312/MAX313/MAX314 analog switches feature low on-resistance (10Ω max) and 1.5Ω on-resistance matching between channels. These switches conduct equally well in either direction. They offer low leakage over temperature (2.5nA at +85°C). Low power consumption and ESD tolerance greater than 2000V per Method 3015.7 are guaranteed.

The MAX312/MAX313/MAX314 are quad, single-pole/single-throw (SPST) analog switches. The MAX312 is normally closed (NC), and the MAX313 is normally open (NO). The MAX314 has two NC switches and two NO switches. All three devices operate from a single supply of +4.5V to +30V or from dual supplies of ±4.5V to ±20V.

Applications

Test Equipment
Communication Systems
PBX, PABX Systems
Audio Signal Routing
Avionics
Sample-and-Hold Circuits
Data Acquisition Systems

Rail-to-Rail is a registered trademark of Nippon Motorola Ltd.

Features

- ♦ **Pin Compatible with DG411/DG412/DG413**
- ♦ **Low On-Resistance (6.5Ω typical)**
- ♦ **Guaranteed R_{ON} Match Between Channels (1.5Ω max)**
- ♦ **Guaranteed R_{ON} Flatness over Specified Signal Range (2Ω max)**
- ♦ **Guaranteed ESD Protection > 2000V per Method 3015.7**
- ♦ **Crosstalk > 96dB at 20kHz**
- ♦ **Single-Supply Operation: +4.5V to +30V Dual-Supply Operation: ±4.5V to ±20V**
- ♦ **Rail-to-Rail® Signal Handling**

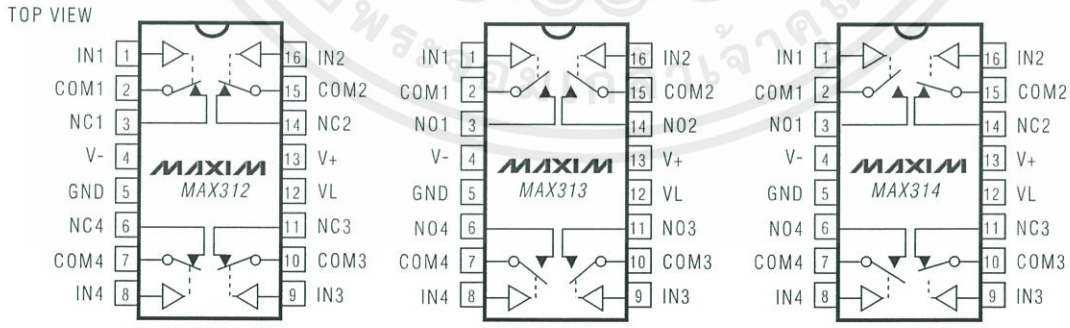
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX312CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX312CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX312CUE	0°C to +70°C	16 TSSOP
MAX312C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX312EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX312ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX312EUE	-40°C to +85°C	16 TSSOP
MAX312MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP**

Ordering Information continued at end of data sheet.

** Contact factory for dice specifications.*
***Contact factory for availability.*

Pin Configurations/Functional Diagrams/Truth Tables



SO/MAX312

LOGIC	SWITCH
0	ON
1	OFF

MAX313

LOGIC	SWITCH
0	OFF
1	ON

MAX314

LOGIC	SWITCHES 1, 4	SWITCHES 2, 3
0	OFF	ON
1	ON	OFF

SWITCHES SHOWN FOR LOGIC "0" INPUT

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltages Referenced to GND
V+ .....-0.3V to +44V
V- .....+0.3V to -44V
V+ to V- .....-0.3V to +44V
VL .....(GND - 0.3V) to (V+ + 0.3V)
All Other Pins (Note 1) .....(V- - 2V) to (V+ + 2V)
or 30mA (whichever occurs first)
Continuous Current (COM_, NO_, NC_) .....±100mA
Peak Current (COM_, NO_, NC_) .....±300mA

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) 842mW
Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) 696mW
CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) 800mW
TSSOP (derate 6.7mW/°C above +70°C) 457mW
Operating Temperature Ranges
MAX31_C_ .....0°C to +70°C
MAX31_E_ .....-40°C to +85°C
MAX31_M_ .....-55°C to +125°C
Storage Temperature Range .....-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Note 1: Signals on NC_, NO_, COM_, or IN_ exceeding V+ or V- will be clamped by internal diodes. Limit forward diode current to maximum current rating.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supplies

(V+ = 15V, V- = -15V, VL = 5V, GND = 0V, V_{INH} = 2.4V, V_{INL} = 0.8V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS			MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
ANALOG SWITCH								
Analog Signal Range	$V_{COM_}$, $V_{NO_}$, $V_{NC_}$	(Note 3)			V-		V+	V
On-Resistance	R_{ON}	I_{COM} = 10mA, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = ±10V	T_A = +25°C	C, E		6.5	10	Ω
				M			9	
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				15	
On-Resistance Match Between Channels (Note 4)	ΔR_{ON}	I_{COM} = 10mA, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = ±10V	T_A = +25°C			0.3	1.5	Ω
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				3	
On-Resistance Flatness (Note 5)	$R_{FLAT(ON)}$	I_{COM} = 10mA, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = -5V, 0V, 5V	T_A = +25°C			0.2	2	Ω
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				4	
Off Leakage Current (NO_ or NC_) (Note 6)	I_{NO} I_{NC}	V_{COM} = ±10V, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = ±10V	T_A = +25°C		-0.5	-0.02	0.5	nA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	C, E	-2.5		2.5	
				M	-40		40	
COM Off Leakage Current (Note 6)	$I_{NC(OFF)}$	V_{COM} = ±10V, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = ±10V	T_A = +25°C		-0.5	-0.02	0.5	nA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	C, E	-2.5		2.5	
				M	-40		40	
COM On Leakage Current (Note 6)	$I_{COM(ON)}$	V_{COM} = ±10V, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = ±10V	T_A = +25°C		-1	-0.04	1	nA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	C, E	-5		5	
				M	-100		100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Dual Supplies (continued)

(V+ = 15V, V- = -15V, VL = 5V, GND = 0V, V_{INH} = 2.4V, V_{INL} = 0.8V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
LOGIC INPUT							
Input Current with Input Voltage High	I_{INH}	IN_ = 2.4V, all others = 0.8V		-0.500	0.005	0.500	µA
Input Current with Input Voltage Low	I_{INL}	IN_ = 0.8V, all others = 2.4V		-0.500	0.005	0.500	µA
POWER SUPPLY							
Power-Supply Range				±4.5		±20.0	V
Positive Supply Current	I+	All channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V, V+ = 16.5V, V- = -16.5V	T_A = +25°C	-1	0.0001	1	µA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	-5		5	
Negative Supply Current	I-	All channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V, V+ = 16.5V, V- = -16.5V	T_A = +25°C	-1	0.0001	1	µA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	-5		5	
Logic Supply Current	I_L	All channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V, V+ = 16.5V, V- = -16.5V	T_A = +25°C	-1	0.0001	1	µA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	-5		5	
Ground Current	I_{GND}	All channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V, V+ = 16.5V, V- = -16.5V	T_A = +25°C	-1	-0.0001	1	µA
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}	-5		5	
DYNAMIC							
Turn-On Time	t_{ON}	Figure 2, V_{COM} = ±10V	T_A = +25°C		70	225	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			275	
Turn-Off Time	t_{OFF}	Figure 2, V_{COM} = ±10V	T_A = +25°C		65	185	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			235	
Break-Before-Make Time Delay	t_D	MAX314 only, Figure 3, R_L = 300Ω, C_L = 35pF	T_A = +25°C	1	5		ns
Charge Injection (Note 3)	V_{CTE}	C_L = 1.0nF, V_{GEN} = 0V, R_{GEN} = 0Ω, Figure 4	T_A = +25°C	-30	20	30	pC
Off Isolation (Note 7)	V_{ISO}	R_L = 50Ω, C_L = 5pF, f = 1MHz, Figure 5	T_A = +25°C		-65		dB
Crosstalk (Note 8)	V_{CT}	R_L = 50Ω, C_L = 5pF, f = 1MHz, Figure 6	T_A = +25°C		-85		dB
NC or NO Capacitance	$C_{(OFF)}$	f = 1MHz, Figure 7	T_A = +25°C		15		pF
COM Off Capacitance	$C_{(COM)}$	f = 1MHz, Figure 7	T_A = +25°C		15		pF
On Capacitance	$C_{(COM)}$	f = 1MHz, Figure 7	T_A = +25°C		47		pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—Single Supply

(V+ = 12V, V- = 0V, VL = 5V, GND = 0V, V_{INH} = 2.4V, V_{INL} = 0.8V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP (Note 2)	MAX	UNITS
ANALOG SWITCH							
Analog Signal Range	$V_{COM_}$, $V_{NO_}$, $V_{NC_}$	(Note 3)		0		V+	V
Channel On-Resistance	R_{ON}	I_{COM} = 10mA, $V_{NC_}$ or $V_{NO_}$ +10V	T_A = +25°C		12.5	25	Ω
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			35	
POWER SUPPLY							
Positive Supply Current	I+	V+ = 13.2V all channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V	T_A = +25°C	-1	0.0001	1	µA
			T_A = T_{MAX}	-5		5	
Logic Supply Current	I_L	V_L = 5.5V all channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V	T_A = +25°C	-1	0.0001	1	µA
			T_A = T_{MAX}	-5		5	
Ground Current	I_{GND}	V_L = 5.5V all channels on or off, V_{IN} = 0V or 5V	T_A = +25°C	-1	-0.0001	1	µA
			T_A = T_{MAX}	-5		5	
DYNAMIC							
Turn-On Time (Note 3)	t_{ON}	Figure 2, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = 8V	T_A = +25°C		100	325	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			425	
Turn-Off Time (Note 3)	t_{OFF}	Figure 2, $V_{NO_}$ or $V_{NC_}$ = 8V	T_A = +25°C		95	175	ns
			T_A = T_{MIN} to T_{MAX}			225	
Break-Before-Make Time Delay (Note 3)	t_D	MAX314 only, Figure 3 R_L = 300Ω, C_L = 35pF	T_A = +25°C		5		ns
Charge Injection (Note 3)	V_{CTE}	Figure 4, C_L = 1.0nF, V_{GEN} = 0V, R_{GEN} = 0V	T_A = +25°C		-5		pC

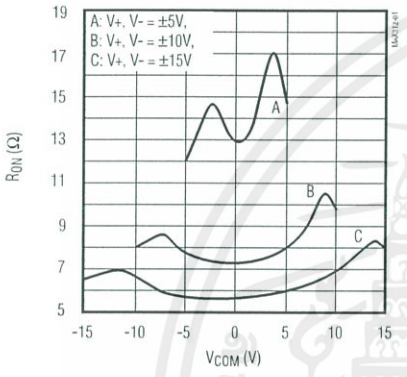
Note 2: The algebraic convention, where the most negative value is a minimum and the most positive value a maximum, is used in this data sheet.
Note 3: Guaranteed by design.
Note 4: $\Delta R_{ON} = \Delta R_{ON}$ max - ΔR_{ON} min.
Note 5: Flatness is defined as the difference between the maximum and minimum value of on-resistance as measured over the specified analog signal range.
Note 6: Leakage parameters are 100% tested at maximum-rated hot temperature and guaranteed by correlation at +25°C.
Note 7: Off isolation = $20\log_{10}$ [V_{COM} / (V_{NC} or V_{NO})], V_{COM} = output, V_{NC} or V_{NO} = input to off switch.
Note 8: Between any two switches.
Note 9: Leakage testing at single supply is guaranteed by testing with dual supplies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

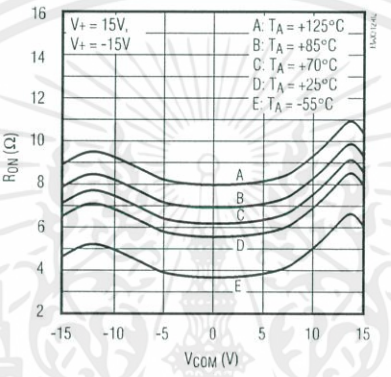
Typical Operating Characteristics

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

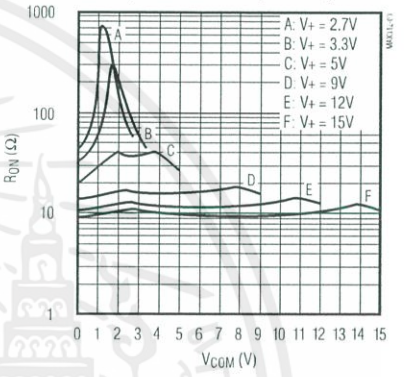
ON-RESISTANCE vs. V_{COM} (BIPOLAR SUPPLIES)



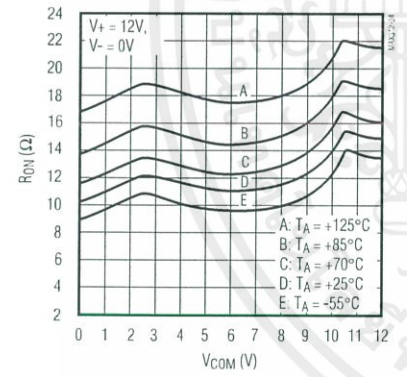
ON-RESISTANCE vs. V_{COM} AND TEMPERATURE



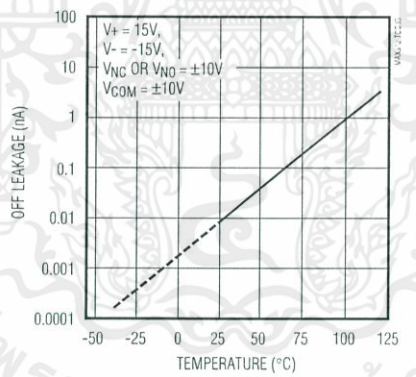
ON-RESISTANCE vs. V_{COM} (SINGLE SUPPLY, V- = 0V)



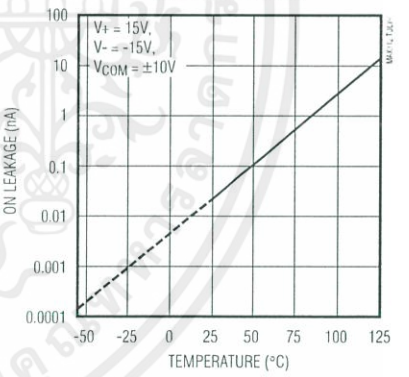
ON-RESISTANCE vs. V_{COM} AND TEMPERATURE



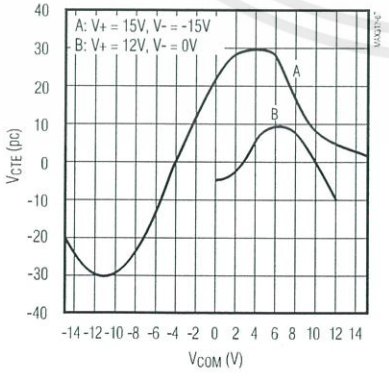
OFF LEAKAGE CURRENT vs. TEMPERATURE



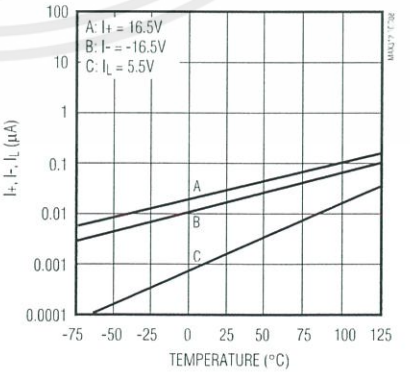
ON LEAKAGE CURRENT vs. TEMPERATURE



CHARGE INJECTION vs. V_{COM}



SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE

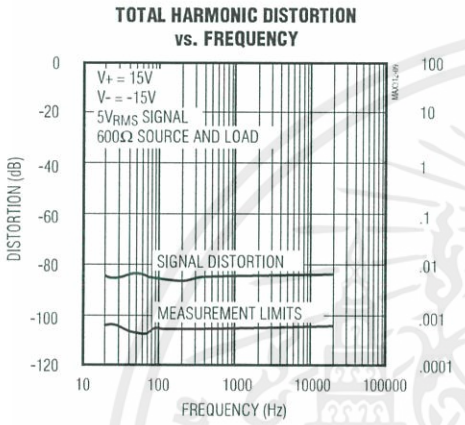


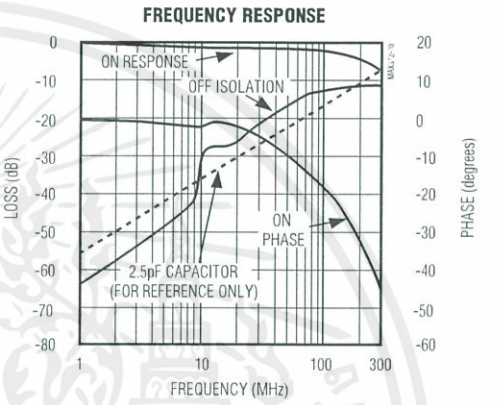
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

Typical Operating Characteristics (continued)

(T_A = +25°C, unless otherwise noted.)





Pin Description

PIN			NAME	FUNCTION
MAX312	MAX313	MAX314		
1, 8, 9, 16	1, 8, 9, 16	1, 8, 9, 16	IN2, IN4, IN3, IN2	Logic Level Inputs
2, 7, 10, 15	2, 7, 10, 15	2, 7, 10, 15	COM1, COM4, COM3, COM2	Analog Signal Common Terminals
3, 6, 11, 14	—	—	NC1, NC4, NC3, NC2	Analog Signal Normally Closed Terminals
—	3, 6, 11, 14	—	NO1, NO4, NO3, NO2	Analog Signal Normally Open Terminals
—	—	3, 6	NO1, NO4	Analog Signal Normally Open Terminals
—	—	11, 14	NC3, NC2	Analog Signal Normally Closed Terminals
4	4	4	V-	Negative Analog Supply Input (connect to GND for single-supply operation)
5	5	5	GND	Logic Level Ground
12	12	12	VL	Logic Supply Voltage
13	13	13	V+	Positive Analog Supply Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

Low-Distortion Audio

The MAX312/MAX313/MAX314, having very low RON and very low RON variation with signal amplitude, are well suited for low-distortion audio applications. The *Typical Operating Characteristics* show Total Harmonic Distortion (THD) vs. Frequency graphs for several signal amplitudes and impedances. Higher source and load impedances improve THD, but reduce off isolation.

Off Isolation at High Frequencies

In 50Ω systems, the high-frequency on-response of these parts extends from DC to above 100MHz with a typical loss of -2dB. When the switch is turned off, however, it behaves like a capacitor, and off isolation decreases with increasing frequency. (Above 300MHz, the switch actually passes more signal turned off than turned on.) This effect is more pronounced with higher source and load impedances.

Above 5MHz, circuit board layout becomes critical, and it becomes difficult to characterize the response of the switch independent of the circuit. The graphs shown in the *Typical Operating Characteristics* were taken using a 50Ω source and load connected with BNC connectors to a circuit board deemed "average"; that is, designed with isolation in mind, but not using strip-line or other special RF circuit techniques. For critical applications above 5MHz, use the MAX440, MAX441, and MAX442, which are fully characterized up to 160MHz.

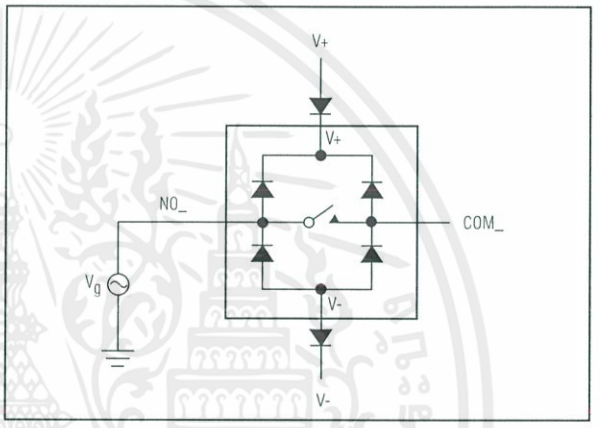


Figure 1. Overvoltage Protection Using External Blocking Diodes

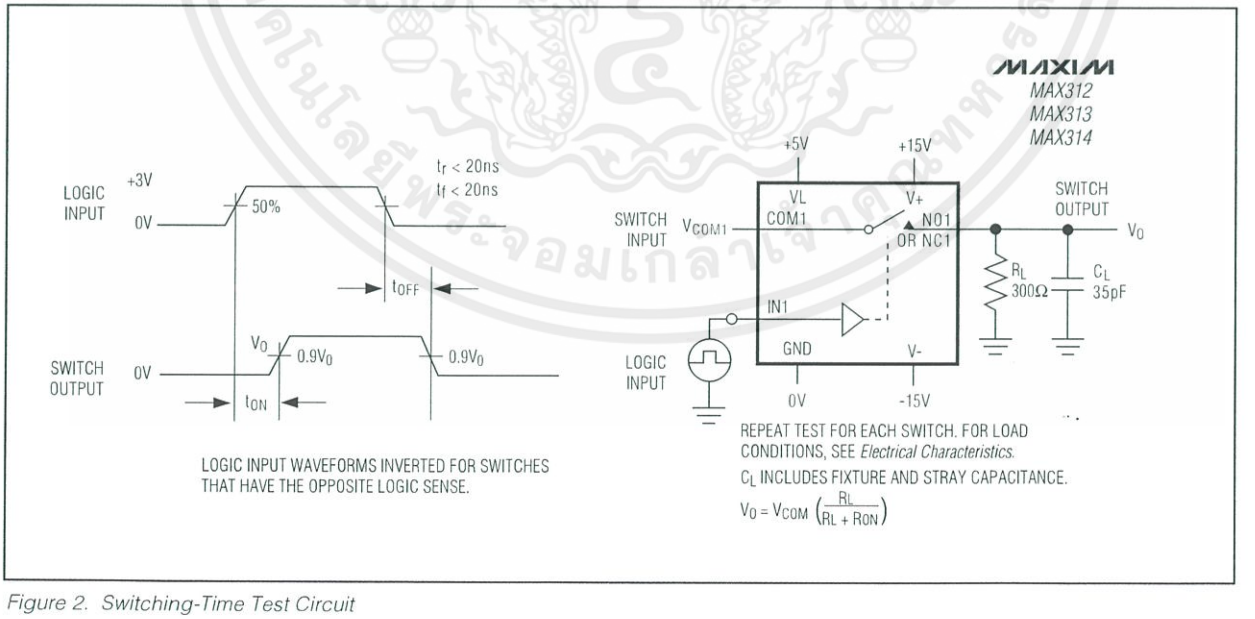


Figure 2. Switching-Time Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

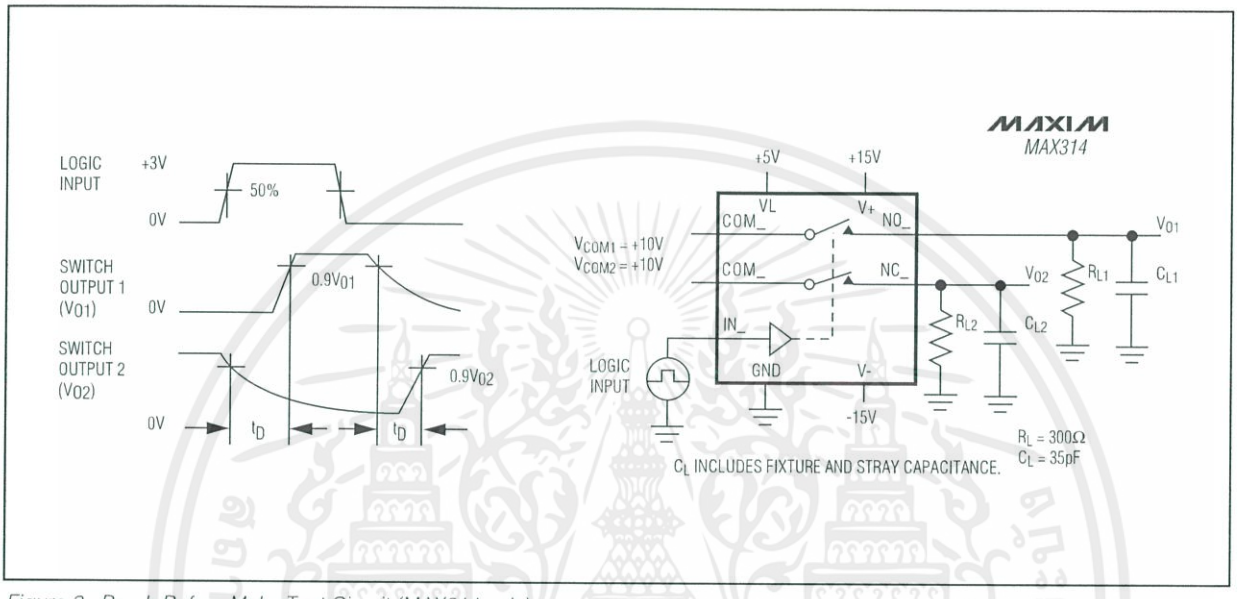


Figure 3. Break-Before-Make Test Circuit (MAX314 only)

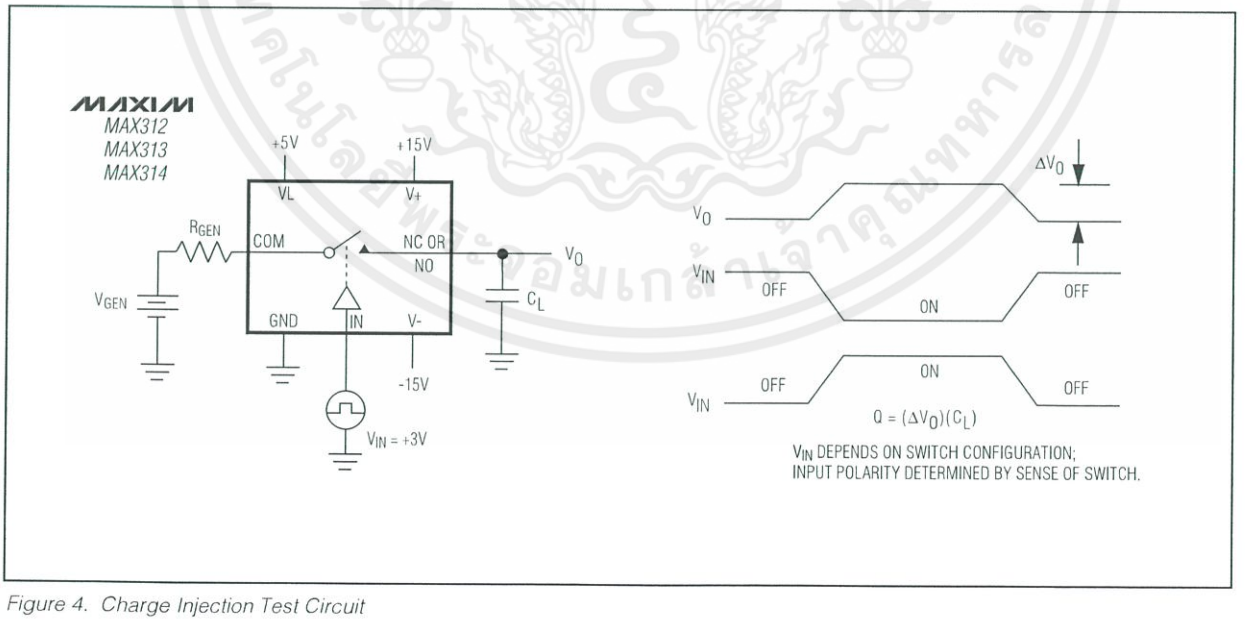


Figure 4. Charge Injection Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

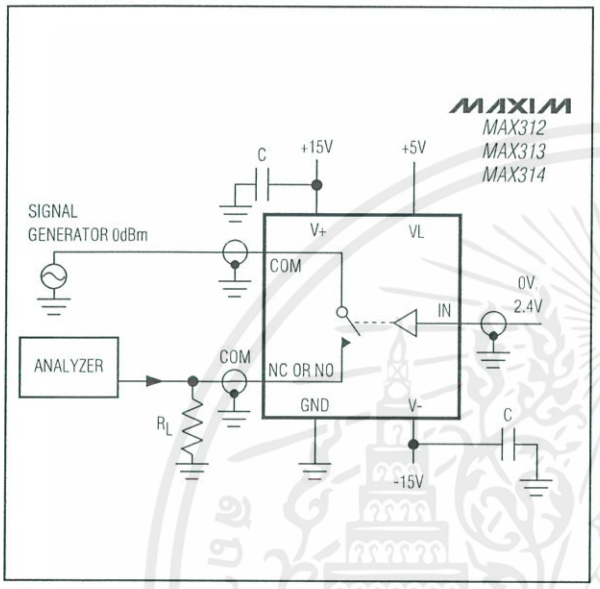


Figure 5. Off-Isolation Test Circuit

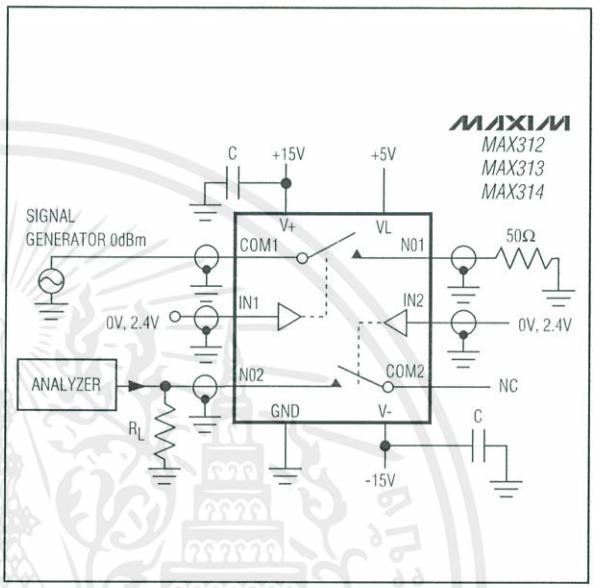


Figure 6. Crosstalk Test Circuit

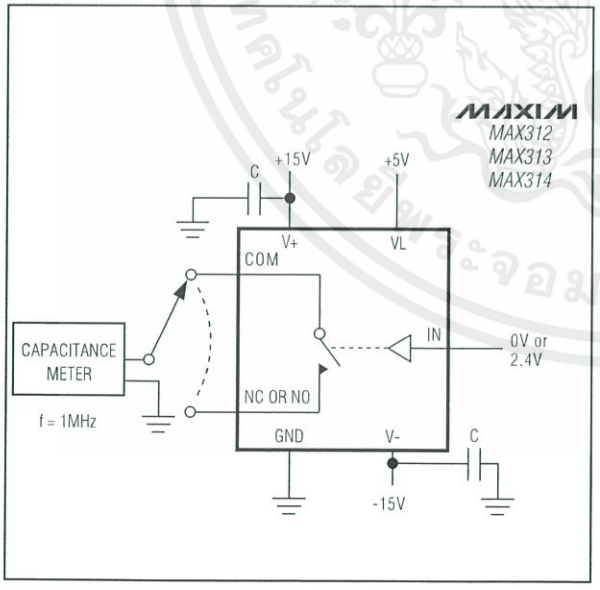


Figure 7. Channel-Off Capacitance Test Circuit

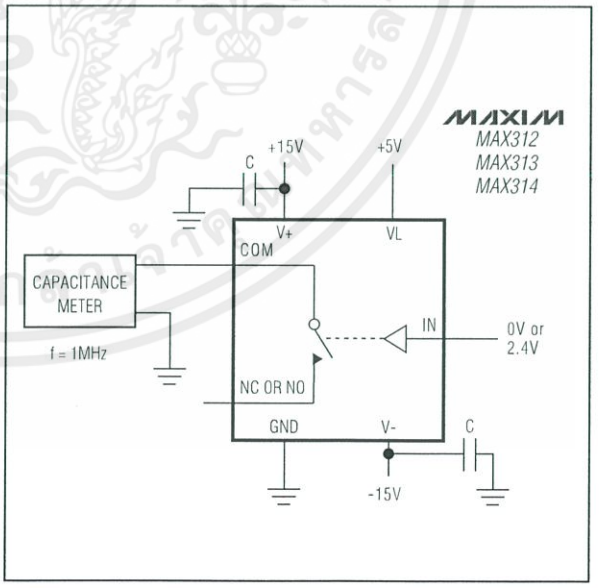


Figure 8. Channel-On Capacitance Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

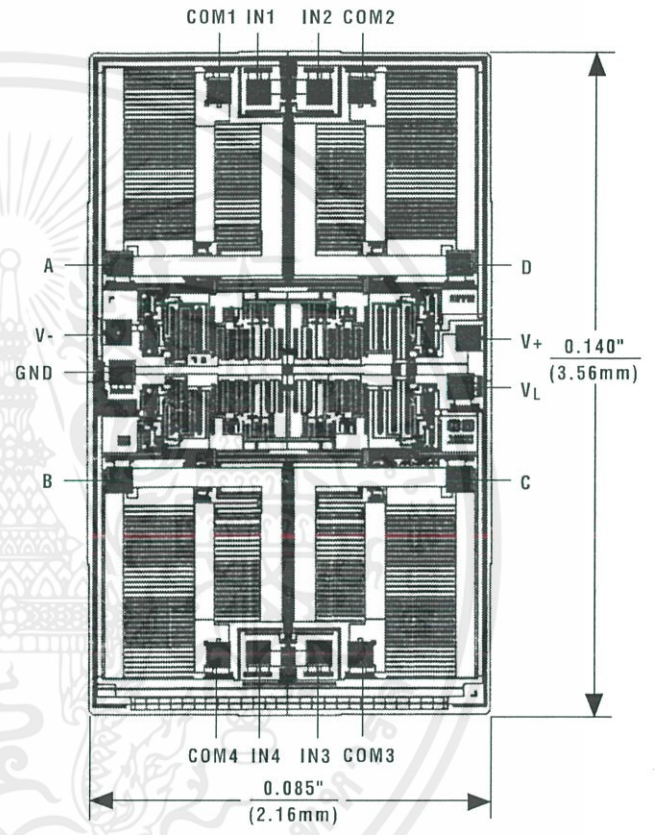
10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX313CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX313CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX313CUE	0°C to +70°C	16 TSSOP
MAX313C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX313EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX313ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX313EUE	-40°C to +85°C	16 TSSOP
MAX313MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP**
MAX314CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX314CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX314CUE	0°C to +70°C	16 TSSOP
MAX314C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX314EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX314ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX314EUE	-40°C to +85°C	16 TSSOP
MAX314MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP**

** Contact factory for dice specifications.*
***Contact factory for availability.*

Chip Topography



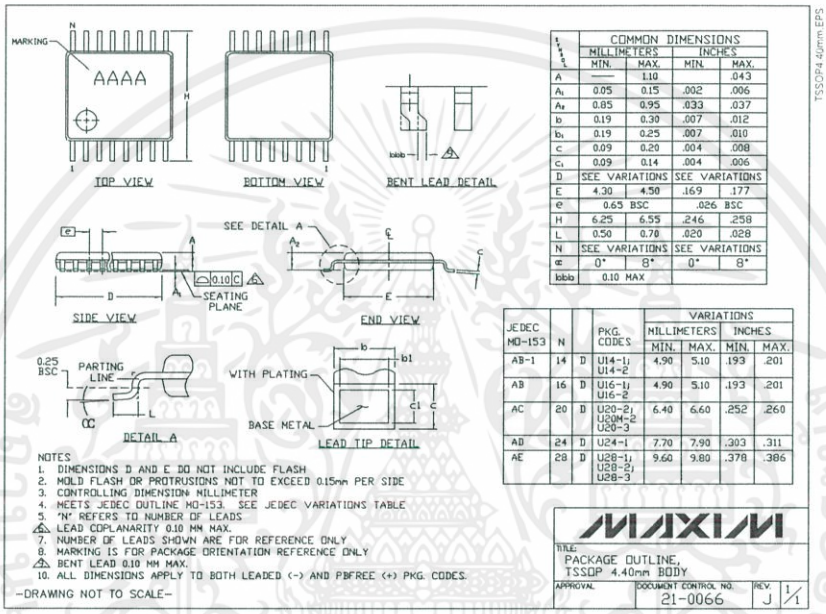
MAX312		MAX313		MAX314	
PIN	NAME	PIN	NAME	PIN	NAME
A	NC1	A	NO1	A	NO1
B	NC4	B	NO4	B	NO4
C	NC3	C	NO3	C	NC3
D	NC2	D	NO2	D	NC2

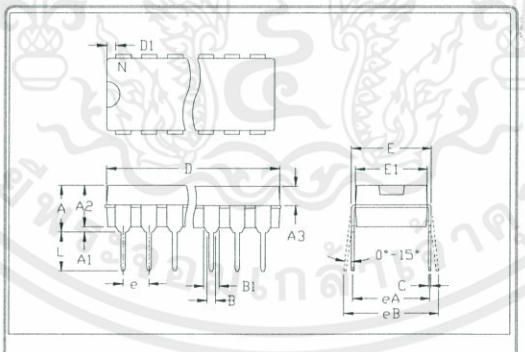
TRANSISTOR COUNT: 100
SUBSTRATE CONNECTED TO V+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Information

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information, go to **www.maxim-ic.com/packages**.)





	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	---	0.200	---	5.08
A1	0.015	---	0.38	---
A2	0.125	0.175	3.18	4.45
A3	0.055	0.080	1.40	2.03
B	0.016	0.022	0.41	0.56
B1	0.045	0.065	1.14	1.65
C	0.008	0.012	0.20	0.30
D1	0.005	0.080	0.13	2.03
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.310	6.10	7.87
e	0.100	---	2.54	---
eA	0.300	---	7.62	---
eB	---	0.400	---	10.16
L	0.115	0.150	2.92	3.81

	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	N	MS001
D	0.348	0.390	8.84	9.91	8	AB
D	0.735	0.765	18.67	19.43	14	AC
D	0.745	0.765	18.92	19.43	16	AA
D	0.885	0.915	22.48	23.24	18	AD
D	1.015	1.045	25.78	26.54	20	AE
D	1.14	1.265	28.96	32.13	24	AF
D	1.360	1.380	34.54	35.05	28	★5

NOTES
1 D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2 MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3 CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
4 MEETS JEDEC MS001-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
5 SIMILIAR TO JEDEC MO-058AB
6 N = NUMBER OF PINS

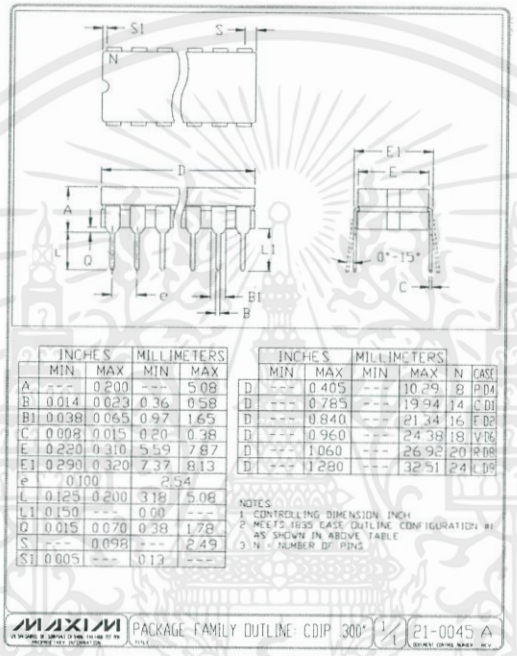
MAXIM | PACKAGE FAMILY OUTLINE: PDIP .300" | 1/1 | 21-0043 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10Ω, Quad, SPST, CMOS Analog Switches

Package Information (continued)

(The package drawing(s) in this data sheet may not reflect the most current specifications. For the latest package outline information, go to **www.maxim-ic.com/packages**.)

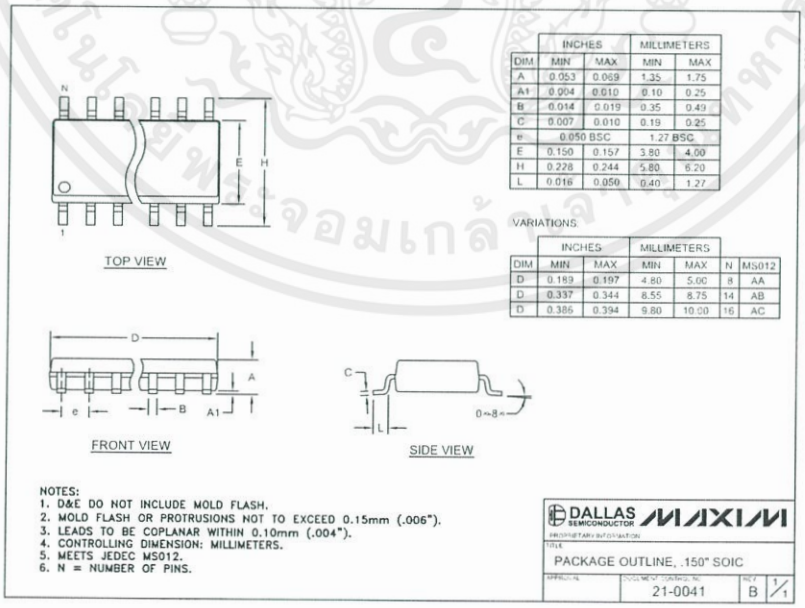


	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	---	0.200	---	5.08
B	0.014	0.023	0.36	0.58
B1	0.038	0.065	0.97	1.65
C	0.008	0.015	0.20	0.38
E	0.220	0.310	5.59	7.87
E1	0.290	0.320	7.37	8.13
e	0.100		2.54	
L	0.125	0.200	3.18	5.08
L1	0.150	---	0.00	---
Q	0.015	0.070	0.38	1.78
S	---	0.098	---	2.49
S1	0.005	---	0.13	---

	INCHES		MILLIMETERS			
	MIN	MAX	MIN	MAX	N	CASE
D	---	0.405	---	10.29	8	P D4
D	---	0.785	---	19.94	14	C D1
D	---	0.840	---	21.34	16	F D2
D	---	0.960	---	24.38	18	V D6
D	---	1.060	---	26.92	20	P D8
D	---	1.280	---	32.51	24	C D9

NOTES:
1. CONTROLLING DIMENSION: INCH
2. MEETS 1635 CASE OUTLINE CONFIGURATION #1 AS SHOWN IN ABOVE TABLE
3. N = NUMBER OF PINS

MAXIM | PACKAGE FAMILY OUTLINE: CDIP 300" | 1/1 | 21-0045 A



	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050 BSC		1.27 BSC	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
L	0.016	0.050	0.40	1.27

VARIATIONS:

	INCHES		MILLIMETERS			
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX	N	MS012
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	AA
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	AB
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	AC

NOTES:
1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH.
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED 0.15mm (.006").
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN 0.10mm (.004").
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
5. MEETS JEDEC MS012.
6. N = NUMBER OF PINS.

DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM | PROPRIETARY INFORMATION | TITLE: PACKAGE OUTLINE, .150" SOIC | 21-0041 | B | 1/1

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

© 2002 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้