รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การตรวจสอบแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัติ
Automatic Spike Check

นายกันต์ทสรณ์ แย้มศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148492

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การตรวจสอบแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัติ

Automatic Spike Check

นายกันต์ทสรณ์ แย้มศรี

b.12870900
l.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.148492
รับเดือน.ปี.30 มี.ค. 2560

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน	ตรวจสอบแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัติ
ชื่อ-สกุล	นายกันต์ทสรณ์ แย้มศรี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	อาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวัฒนา และ ผศ. ดร. กิติพล ชิตสกุล
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายพรศักดิ์ สมทิพย์
สถานประกอบการ	บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

เนื่องจากในยุคปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในปัจจุบันถูกดัดแปลง และพัฒนาให้เจริญก้าวหน้ามากยิ่งๆขึ้น ภายในอุปกรณ์เหล่านี้จึงเต็มไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น รถยนต์หลายๆรุ่นในยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยฟังก์ชั่นต่างๆมากมายภายในรถจากเทคโนโลยีในปัจจุบัน และจะยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆต่อไปในอนาคต ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ต่างก็ประดิษฐ์มาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายๆชิ้นมากมาย ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ย่อมต้องมีประสิทธิภาพและการทำงานที่ดี เพราะฉะนั้นจึงมีการตรวจสอบทุกครั้งก่อนที่จะจำหน่ายให้กับผู้บริโภค หรือผู้ที่ต้องการนำไปใช้งาน

บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำด้านการผลิตวงจรรวม หรือ ไอซี (IC ; Integrated Circuit) ที่ใช้กับเทคโนโลยีต่างๆในรถยนต์ ดังนั้นการคำนึงถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ย่อมมาเป็นสิ่งแรก ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพไอซีนั้นมีหลายกระบวนการ เช่น การตรวจสอบที่อุณหภูมิต่างๆ อุณหภูมิห้อง ร้อน และเย็น เป็นต้น

โดยในการทดสอบตัวงาน อาจมีสไปก์หรือแรงดันฉับพลันเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับตัวงานได้ จึงมีการคิดพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัติขึ้น เพื่อตรวจสอบและช่วยให้การทดสอบสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นโครงงานนี้จึงถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อช่วยให้วิศวกรไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบให้กระบวนการตรวจสอบแรงดันสไปก์ทุกขั้นตอน ทำให้วิศวกรมีเวลามากขึ้น สามารถทำงานอื่นๆ แทนการตรวจสอบแรงดันสไปก์ได้ เนื่องจากสามารถให้ผู้ช่วยวิศวกรรับผิดชอบกระบวนการแรงดันสไปก์แทนวิศวกรได้เกือบทั้งหมดนั้นเอง โครงงานนี้ได้ประสบผลสำเร็จและเป็นที่ยอมรับของวิศวกร ทำให้โครงงานได้นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ซึ่งเป็นผลประโยชน์อย่างมากให้กับทางบริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Automatic Spike Check
Student intern name: Kantason Yamsri
Faculty: Engineering Department: Electronics
Advisor name: Mr. Chaloemphan Wangwiwattana and
Asst.Prof. Kitiphol Chitsakul
Mentor name: Mr. Pornsak Somthip
Company: NXP Manufacturing Thailand Co.Ltd.,

ABSTRACT

In the present, technological advancements improve qualities of the electronic system. Inside of this systems consist of many electronics devices such as cars function by current technology and will increase in the future. These technologies are made for many electronic systems that have efficiency and perfect working. Therefore, we have to check all process before sending to customers or who want to use.

NXP Manufacturing Thailand Co.Ltd., is leading Company in a part of manufacturing integrated circuits that use with technology in cars. So the safety of the product is first. Quality inspection has many processes such as test at room, hot and cold temperature etc.

In the testing process spikes or suddenly voltages occur, which causes damage to the work. We have developed a tool to detect spikes automatically and monitor. An automatic spike checking machine was developed to reduce working time of engineers. This project has been successful and accepted by the engineers and applied to production now providing extremely beneficial to the company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณบริษัท NXP Manufacturing Thailand Co.Ltd., ที่อนุเคราะห์ทั้งสถานที่ ความรู้ ให้ข้าพเจ้าได้เข้าไปเรียนรู้จากสถานการณ์จริงได้พบปะผู้มีประสบการณ์มากมาย ขอขอบพระคุณพี่ๆในแผนก PE/TE-Automotive ที่คอยดูแล แนะนำ ให้คำปรึกษา ความรู้ โอกาส มิตรภาพและความทรงจำดีๆ อีกทั้งทางคณะวิศวกรรมศาสตร์เองที่มอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน และเพื่อนๆ ที่คอยให้คำแนะนำ สนับสนุน และเป็นที่ปรึกษาให้เป็นอย่างดีมากโดยตลอด ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ..... I

ABSTRACT..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญรูป..... VI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน..... 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 2

1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 แรงดันสไปก์ (Spike Voltage)..... 4

2.2 ATE (Automatic Test Equipment)..... 4

2.3 VBA (Visual Basic for Applications)..... 5

2.4 ภาษาซี (C language)..... 6

2.5 วงจรรีเลย์ (Relay circuit)..... 8

2.6 ออสซิลโลสโลป (Oscilloscope)..... 11

2.7 อาดุยโน่ (Arduino)..... 18

2.8 วงจรรวม หรือ วงจรเบ็ดเสร็จ (Integrated circuit ; IC)..... 19

2.9 วงจร (Multiplexer)..... 21

2.10 Gage R&R 25

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานโครงงาน..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 แผนการดำเนินงาน..... 27

3.2 เครื่องมือในการดำเนินงาน..... 29

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน..... 31

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ..... 38

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน..... 38

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 38

บรรณานุกรม..... 39

ภาคผนวก..... 40

ประวัติผู้เขียน..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสัญญาณที่เกิดแรงดันสไปก์ขึ้นจากการทดสอบ 4
รูปที่ 2.2 Automatic test Equipment (SPEA Tester) 5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโค้ด VBA ที่ใช้ในการควบคุม Oscilloscope ผ่าน USB type B 6
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเขียนภาษา C ที่ใช้ควบคุมการทำงาน Arduino 7
รูปที่ 2.5 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าชนิด NPN และ PNP ตามลำดับ 10
รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ขั้วแอโนด (+) และแคโทด (-) ของไดโอด 11
รูปที่ 2.7 ออสซิลโลสโคปแบบ Analog และแบบ Digital 11
รูปที่ 2.8 แสดงหลักการสุ่มตัวอย่าง 12
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อก 13
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล 14
รูปที่ 2.11 แสดงผังการทำงานของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล 15
รูปที่ 2.12 แสดงผังการทำงานของออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสงดิจิตอล 16
รูปที่ 2.13 แบบบล็อกไดอะแกรมของออสซิลโลสโคปทั่วๆไป 16
รูปที่ 2.14 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสาย PROBE และเมื่อปรับค่า Ct ของสายที่มีค่าต่างๆ 17
รูปที่ 2.15 สาย PROBE 18
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างองค์ประกอบและลักษณะของ Arduino รุ่น Uno R3 18
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างวงจรรวมแบบชนิดมีขา และไม่มีขา 20
รูปที่ 2.18 การทำงานของ multiplexer 21
รูปที่ 2.19 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ขนาด 4 อินพุต 22
รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ 74157 23
รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ 74151 24
รูปที่ 2.23 การจัดขาของไอซีเบอร์ 74150 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 2.24 Repeatability และ Reproducibility..... 26

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการตั้งค่าพื้นฐานในออสซิลโลสโคปด้วย VBA..... 27

รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบแรงดันสไปก์ระบบปกติ (Manual)..... 27

รูปที่ 3.3 วงจรรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับ Arduino..... 28

รูปที่ 3.4 Controller Box..... 28

รูปที่ 3.5 หน้า Interface ของโปรแกรมจาก VBA..... 29

รูปที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Maximum
ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin STB..... 32

รูปที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Minimum
ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin STB..... 33

รูปที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Maximum
ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin CANH..... 34

รูปที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Minimum
ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin CANH..... 35

รูปที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์โดยรวม..... 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในโลกปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในปัจจุบันถูกดัดแปลง และพัฒนาให้เจริญก้าวหน้ามากยิ่งๆขึ้น ภายในอุปกรณ์เหล่านี้จึงเต็มไปด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จำเป็นต้องมีความปลอดภัยระดับหนึ่ง เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับว่าเมื่อนำไปใช้งานแล้วจะไม่เกิดอันตรายใดๆ กับผู้ใช้งานและอุปกรณ์ต่างๆที่ทำงานร่วมกัน ดังนั้นบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงต้องตรวจสอบและการันตีว่า อุปกรณ์ปลอดภัยจริง มีอายุใช้งานได้นาน ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เพราะเหตุนี้เองบริษัทที่เป็นผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบในทุกๆขั้นตอนของการผลิตก่อนที่จะส่งให้กับผู้บริโภค ในขั้นตอนตรวจสอบจึงจำเป็นต้องมีความละเอียด และหลายขั้นตอน

บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำด้านการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Semiconductor) ดังนั้นจึงมีแผนก Test Product Engineer (TPE) ซึ่งมีหน้าที่ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ก่อนที่จะถูกนำส่งให้กับผู้บริโภค ซึ่งการตรวจสอบนั้นค่อนข้างจะใช้เวลานาน ดังนั้นเพื่อความสะดวกสบายและช่วยลดภาระงานของวิศวกร จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเพื่อทำเครื่องมือที่เป็นระบบอัตโนมัติ (Automatic) ซึ่งสามารถให้ผู้ช่วยวิศวกร (EA : Engineering Assistance) ทำงานนี้ได้

โปรเจคนี้ได้ถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทที่ใช้ในรถยนต์เป็นส่วนมาก (Automotive) เพราะผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในรถยนต์นี้ต้องการความปลอดภัยสูงมาก เนื่องจากรถยนต์มีความสำคัญที่การดำเนินชีวิตค่อนข้างมาก ซึ่งสิ่งที่ต้องตรวจสอบในการทดสอบผลิตภัณฑ์นั่นก็คือ แรงดันที่สูงขึ้นอย่างเฉียบพลัน ณ เวลานั้นๆ (Spike Voltage) ซึ่งต้องตรงตามสเปค (Limit) เพื่อไม่ให้เกิดอันตราย และลดระยะเวลาการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อช่วยลดจำนวนงานที่วิศวกรเป็นผู้รับผิดชอบ
2. เพื่อช่วยประหยัดเวลาในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์
3. เพื่อให้ทุกคนสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการตรวจสอบ
4. เพื่อความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานด้วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เพื่อทำการวัดค่าแรงดันที่สูงขึ้นอย่างเฉียบพลัน ณ เวลานั้นๆ (Spike Voltage) โดยใช้ระบบอัตโนมัติ โดยสถานที่ดำเนินงานคือ บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด

1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน

ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2559 ถึง 25 พฤศจิกายน 2559

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการใช้ Visual Basic Application มากขึ้นเป็นอย่างยิ่ง
2. ได้ประสบการณ์และการเรียนรู้ถึงชีวิตการทำงานจริงของวิศวกร
3. ได้รับความรู้ด้านภาษาอังกฤษมากขึ้น ทั้งการฟัง พูด อ่าน เขียน
4. มีความกล้าแสดงออกมากขึ้น ซึ่งได้จากการบรรยายโครงงานบ่อยๆ
5. ได้นำความรู้ที่ศึกษามาใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการของโครงงาน การวัดค่าแรงดันที่สูงขึ้นอย่างเฉียบพลัน โดยใช้ระบบอัตโนมัติ (Automatic spike check) ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาทฤษฎีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 แรงดันสไปก์ (Spike Voltage)

2.2 ATE (Automatic Test Equipment)

2.3 VBA (Visual Basic for Applications)

2.4 ภาษาซี (C language)

2.5 วงจรรีเลย์ (Relay circuit)

2.6 ออสซิลโลสโลป (Oscilloscope)

2.7 อาดุยโน่ (Arduino)

2.8 วงจรรวม หรือ วงจรเบ็ดเสร็จ (Integrated circuit; IC)

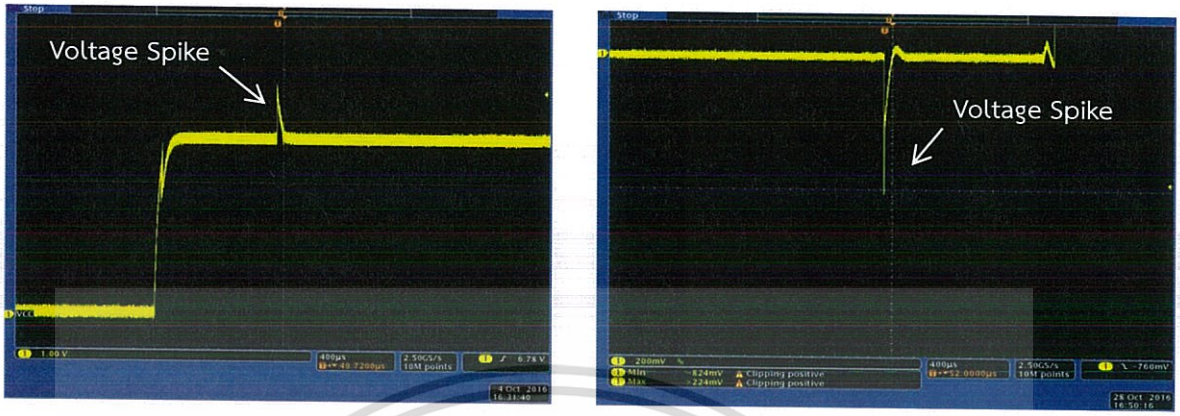
2.9 วงจร Multiplexer

2.10 Gage R&R

2.1 แรงดันสไปก์ (Spike Voltage)

เป็นแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเร็วและมีค่าสูงขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยหลากหลายสาเหตุ ไม่ว่าจะสร้างโดยมนุษย์ หรือ ธรรมชาติ เมื่อเกิดแรงดันสไปก์กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้เกิดความเสียหาย หรือลดอายุการใช้งานกับอุปกรณ์นั้นๆได้อย่างชัดเจน ซึ่งในด้านงานผลิตวงจรรวม (IC) จำเป็นต้องมีการทดสอบผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบแรงดันสไปก์และการันตีคุณภาพของระบบและโปรแกรมในการทดสอบว่าไม่เกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสัญญาณที่เกิดแรงดันสไปก์ขึ้นจากการทดสอบ

2.2 ATE (Automatic Test Equipment)

เมื่อวงจรรวมมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นดังนั้นการทดสอบวงจรรวมก็มีความซับซ้อนมากขึ้นเช่นกัน สำหรับบางอุปกรณ์ขั้นตอนในการทดสอบวงจรรวมมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ตัวอย่างเช่น วงจรรวมประเภท VLSI มีความต้องการ voltage current และเวลาที่ใช้ในการทดสอบค่อนข้างสูง เนื่องจากมีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบอุปกรณ์ให้แน่ใจว่าทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่ง ATE จะถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบอุปกรณ์ในรูปแบบนี้

ATE เป็นอุปกรณ์ที่รวมเอาคอมพิวเตอร์และเครื่องมือการทดสอบเข้าไว้ด้วยกันซึ่งระบบการทดสอบ (Test System) คือการรวมอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ (Test hardware) ด้วยคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำการควบคุมอุปกรณ์สำหรับทดสอบโดยอาศัยการตั้งค่าต่างๆภายในโปรแกรมสำหรับทดสอบ (Test program) ในการสร้างระบบการทดสอบจะมีแบบแผนของผลการทดสอบที่สอดคล้องกันคือสามารถทดสอบซ้ำได้อย่างรวดเร็วและน่าเชื่อถือและเพื่อเป็นการรักษาผลการทดสอบให้มีความถูกต้องระบบการทดสอบจะต้องมีช่วงเวลาสำหรับตรวจตรา (calibrated) เพื่อยืนยันความถูกต้องแม่นยำในการจ่าย (forcing) และการวัด (measuring) ของเครื่องมือการทดสอบหรือปรับแต่งให้มีความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระบบการทดสอบถูกใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแต่ละ die ที่อยู่ภายในแผ่นเวเฟอร์ a probe card ทั้งด้านกายภาพและด้านไฟฟ้ามีการเชื่อมต่อกับdie ซึ่งจะมีแผ่นวงจรที่ถูกเรียกว่า load board ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่าง probe card และเครื่องมือวัดภายในระบบการวัด ทั้งload board และ probe card จะทำงานร่วมกันเพื่อทำให้สามารถส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปและกลับระหว่างระบบการทดสอบและ die

หลังจากที่ die ผ่านการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้วจะมีการทดสอบอุปกรณ์อีกครั้ง การทดสอบอุปกรณ์สามารถทำได้โดยการนำอุปกรณ์แต่ละตัววางใส่ socket on load board ซึ่งจะเรียกว่าการทดสอบด้วยมือ (hand test) หากต้องการทดสอบอุปกรณ์ให้รวดเร็วยิ่งขึ้นจะต้องใช้ automatic device handler ซึ่งมีการตั้งค่ารอยสัมผัสให้มีการเชื่อมต่อกับขาของอุปกรณ์บน load board. A handler สามารถเลือกอุปกรณ์ที่ยังไม่ได้ถูกทดสอบได้อย่างรวดเร็วจากนั้นอุปกรณ์จะถูกส่งเข้าไปในระบบการทดสอบและทำการคัดแยกอุปกรณ์ที่ใช้งานได้และใช้งานไม่ได้ออกจากกัน

รูปที่ 2.2 Automatic test Equipment (SPEA Tester)

2.3 ภาษา VBA (Visual basic for Applications)

โปรแกรม Excel เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการทำงานสูง โดยเฉพาะงานทางด้านคำนวณ การประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งทางด้านการเงิน บัญชี การผลิต สถิติ และวิศวกรรม รวมถึงงานด้านการจัดการเอกสารต่างๆ ซึ่งจุดเด่นของ Excel คือมีเครื่องมือสำเร็จรูปด้านการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น Filter และ Sort ที่ง่ายต่อการใช้งาน

นอกจากนี้ Excel สามารถเขียนโปรแกรมใน Excel ด้วยภาษา VBA (Visual Basic for application) ซึ่งทำให้เราควบคุมการทำงานของ Excel ได้ สามารถสั่งงาน Excel ทำงานซ้ำๆ แบบอัตโนมัติ เช่น การจัดฟอร์แมตข้อมูลในทุกๆเวิร์กชีตพร้อมกัน หรือการเพิ่มข้อมูลลงบนไฟล์ Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายๆไฟล์พร้อมกันแบบอัตโนมัติ อีกทั้งสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ภายในได้อีก เช่น Arduino และ Oscilloscope เป็นต้น และสามารถเขียนโค้ดควบคุมโปรแกรมประยุกต์อื่นๆ เช่น Microsoft office AutoCAD เป็นต้น ทำงานการทำงานใน Excel ใช้เวลาน้อยลง รวมทั้งการพัฒนาให้มีรูปแบบเหมือนโปรแกรมสำเร็จรูปได้

```
'****************************************
'Connect Scope
Tvc1.Descriptor = "USB::0x0699::0x0401::C001198::INSTR "
Worksheets("Table").Range("D7").Value = Tvc1.Descriptor
'****************************************
'Setting Scope
Tvc1.WriteString "*rst"                                  'Reset All
Tvc1.WriteString "HOR:RECO 1E+7"                         'Record Length
Tvc1.WriteString "CH1:BANDWIDTH 20E+6 "                  'Bandwidth 20MHz
Tvc1.WriteString "ACQUIRE:MODE SAMPLE"                   'MODE Sample
Tvc1.WriteString "SELECT:CH2 OFF"                        'OFF CH2
Tvc1.WriteString "SELECT:CH3 OFF"                        'OFF CH3
Tvc1.WriteString "SELECT:CH4 OFF"                        'OFF CH4
Tvc1.WriteString "TRIGGER:A:MODE NORMAL"                 'Trigger Mode
Tvc1.WriteString "TRIGGER:A:TYPE EDGE"                   'Trigger Type

Tvc1.WriteString "MEASUREMENT:MEAS1:STATE ON"
Tvc1.WriteString "MEASUREMENT:MEAS2:STATE ON"
Tvc1.WriteString "MEASUrement:MEAS1:TYPe MINIMUM"
Tvc1.WriteString "MEASUrement:MEAS2:TYPe MAXIMUM"
```

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโค้ด VBA ที่ใช้ในการควบคุม Oscilloscope ผ่าน USB type B

2.4 ภาษาซี (C language)

ภาษาซีเป็นภาษาที่ใช้ในการมีปฏิสัมพันธ์เช่น เชิงคำสั่ง (หรือเชิงกระบวนงาน) ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้แปลด้วยตัวแปลโปรแกรมแบบการเชื่อมโยงที่ตรงไปตรงมา สามารถเข้าถึงหน่วยความจำในระดับล่าง เพื่อสร้างภาษาที่จับคู่อย่างมีประสิทธิภาพกับชุดคำสั่งเครื่อง และแทบไม่ต้องการสนับสนุนใด ๆ ขณะทำ งาน ภาษาซีจึงเป็นประโยชน์สำหรับหลายโปรแกรมที่ก่อนหน้านี้เคยเขียนในภาษาแอสเซมบลีมาก่อน

เมื่อภาษาซี ได้รับความนิยมมากขึ้น จึงมีผู้ผลิต compiler ภาษาซีออกมาแข่งขันกันมากมาย ทำให้เริ่มมีการใส่ลูกเล่นต่างๆ เพื่อดึงดูดใจผู้ซื้อ ทาง American National Standard Institute (ANSI) จึงตั้งข้อกำหนดมาตรฐานของภาษาซีขึ้น เรียกว่า ANSI C เพื่อคงมาตรฐานของภาษาไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1) โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี และตัวอย่าง

โปรแกรมในภาษาซีทุกโปรแกรมจะประกอบด้วยฟังก์ชันอย่างน้อย หนึ่งฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชัน main โดยโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชัน main ก่อน ในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

2.4.1.1. Function heading ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ argument (บางคนเรียก parameter) อยู่ในวงเล็บ

2.4.1.2. Variable Declaration ส่วนประกาศตัวแปร สำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ทุกตัว ที่ใช้ในโปรแกรมจะต้องมีการประกาศก่อนว่าจะใช้งานอย่างไร จะเก็บค่าในรูปแบบใดเช่น integer หรือ real number

2.4.1.3. Compound Statements ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็นประโยคเชิงซ้อน (compound statement) กับ ประโยคนิพจน์ (expression statement) โดยประโยคเชิงซ้อนจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง { และ } โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน จะมีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) หลายๆ ประโยครวมกัน และ อาจมีวงเล็บปีกกาใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยเข้าไปอีกได้

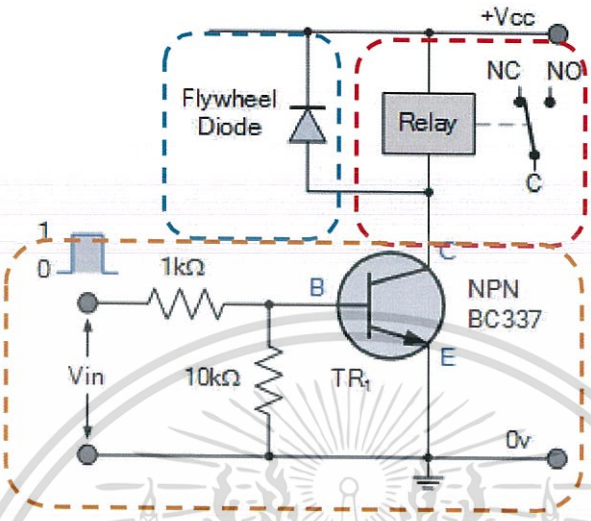
```
int sensorValue1 = analogRead(A0);
int sensorValue2 = analogRead(A1);
int sensorValue3 = analogRead(A2);
int sensorValue4 = analogRead(A3);
float voltage1 = sensorValue1 * (5.0 / 1023.0);
float voltage2 = sensorValue2 * (5.0 / 1023.0);
float voltage3 = sensorValue3 * (5.0 / 1023.0);
float voltage4 = sensorValue4 * (5.0 / 1023.0);
```

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเขียนภาษา C ที่ใช้ควบคุมการทำงาน Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจรรีเลย์ (Relay circuit)

มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน คือ รีเลย์ ทรานซิสเตอร์ และไดโอด



2.5.1) รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย เช่น ใช้แทนสวิทช์ หรือการเปิด - ปิดสวิทช์แบบอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งรีเลยนั้นจะ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ 1. ส่วนของขดลวด (coil) 2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact)

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

1. จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติดปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

2. จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามเหนือหน้าบ้าน

3. จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

2.5.2) ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนได้ ใช้ทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า เปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า (modulate) เป็นต้น การทำงานของทรานซิสเตอร์เปรียบได้กับวาล์วควบคุมที่ทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าที่ขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายไฟ

ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ที่มีอย่างน้อยสามขั้วไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกับวงจร ภายนอก แรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขั้วทรานซิสเตอร์หนึ่งคู่ จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระแสที่ไหลผ่านในขั้วทรานซิสเตอร์อีกคู่หนึ่ง เนื่องจากพลังงานที่ถูกควบคุม (เอาต์พุต)จะสูงกว่าพลังงานที่ใช้ในการควบคุม (อินพุท) ทรานซิสเตอร์จึงสามารถขยายสัญญาณได้ ปัจจุบัน บางทรานซิสเตอร์ถูกประกอบขึ้นมาต่างหากแต่ยังมีอีกมากที่พบฝังอยู่ในแผงวงจรรวม

2.5.2.1 หลักการทำงานแบบสวิตช์

ทรานซิสเตอร์ถูกใช้กันทั่วไปให้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสำหรับการใช้งานพลังงานสูง เช่น switched-mode power supplies และ สำหรับการใช้งานพลังงานต่ำ เช่น ลอจิกเกต

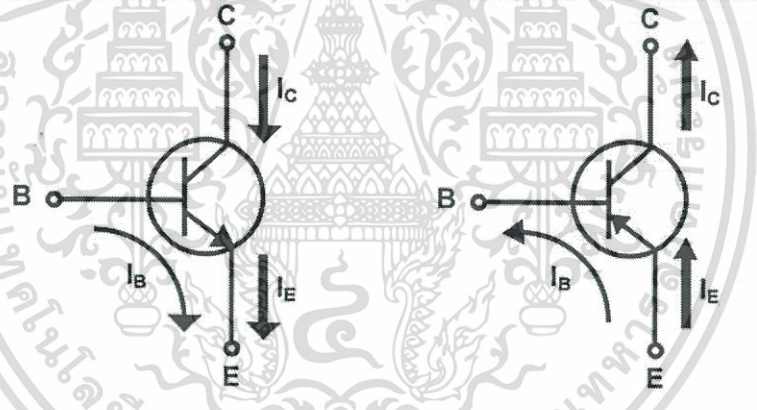
ในวงจรทรานซิสเตอร์แบบ emitter ลงกราวด์ ตามรูป เป็นวงจรสวิตช์ไฟแสงสว่างที่ในสถานะปกติจะ OFF หลอดไฟก็จะปิด เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ base สูงขึ้น, กระแส emitter และ collector (Ice) เพิ่มขึ้นแบบ exponential จนอิ่มตัว (Saturate) แรงดันที่ collector จะลดลงเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้ emitter (หรือใกล้ศูนย์) กระแส Ice จะไหลผ่านโหลดเต็มที่ ซึ่งในโครงงานนี้คือรีเลย์ ทำให้รีเลย์ "ทำงาน (NO)" เราจึงเรียกสถานะของสวิตช์ในขณะนี้ว่า ON

การให้กระแสที่ base (Ibe) อย่างเพียงพอเป็นปัญหาที่สำคัญในการใช้ทรานซิสเตอร์ให้ทำงานเป็นสวิตช์. ทรานซิสเตอร์ให้ gain เป็นกระแส จึงได้กระแสค่อนข้างมากที่ collector ที่จะถูกสลับ โดยกระแสที่มีขนาดเล็กใน base อัตราส่วนของกระแสเหล่านี้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิด ของทรานซิสเตอร์และแม้กระทั่งทรานซิสเตอร์ประเภทเดียวกันก็แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระแสใน collector ในตัวอย่างวงจรสวิทช์ไฟฟ้าแสงสว่างที่แสดง จะมีตัวต้านทานที่ต้องเลือก (สมมติว่าเป็น 1K) ให้มีขนาดที่ให้กระแสที่ base มีเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่าทรานซิสเตอร์จะทำงานอิ่มตัว

ในวงจรสวิตช์ใดๆ ค่าของแรงดันไฟฟ้า อินพุต จะถูกจ่ายให้มีขนาดที่จะทำให้ได้ เอาต์พุต เป็น OFF หรือ ON โดยสมบูรณ์ ทรานซิสเตอร์จึงจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ดีและการทำงานแบบนี้ เป็นเรื่องธรรมดาใน วงจรดิจิตอลที่ต้องการเพียง "OFF" และ "ON" เท่านั้น



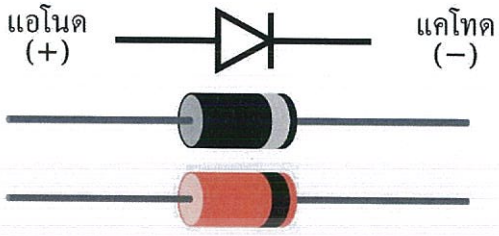
รูปที่ 2.5 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าชนิด NPN และ PNP ตามลำดับ

2.5.3) ไดโอด (Diode)

เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode; A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และ แคโทด (Cathode; K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n ซึ่งออกแบบและควบคุมทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้า มันจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว และกั้นการไหลในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนใหญ่เราจะใช้ไดโอดในการยอมให้กระแสไฟฟ้าให้ไหลได้ทิศทางเดียว ส่วนกระแสที่ไหลทิศทางตรงข้ามกันจะถูกกั้น ดังนั้นจึงอาจถือว่าไดโอดเป็นวาล์วตรวจสอบแบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างหนึ่ง ซึ่งนับเป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าในวงจรแหล่งจ่ายไฟ เป็นต้น



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ขั้วแอโนด (+) และแคโทด (-) ของไดโอด

2.6 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

ออสซิลโลสโคป มีใช้กันอยู่ 2 แบบ คือ Analog กับ Digital ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งแกน X และ Y โดยสัญญาณไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะป้อนให้กับแกน X (Horizontal Defection) และอีกสัญญาณหนึ่งจะป้อนให้กับแกน Y (Vertical Deflection) โดยความสว่างของแกน X และแกน Y จะถูกควบคุมโดยแกน Z ออสซิลโลสโคปจะแสดงผลทางจอภาพโดยรูปร่างของสัญญาณจะปรากฏทางแกน Y (Vertical) โดยเปรียบเทียบเวลาทางแกน X (Horizontal) ดังนั้นออสซิลโลสโคปจึงเป็นเครื่องวัดประเภท Time Domain

รูปที่ 2.7 ออสซิลโลสโคปแบบ Analog และแบบ Digital

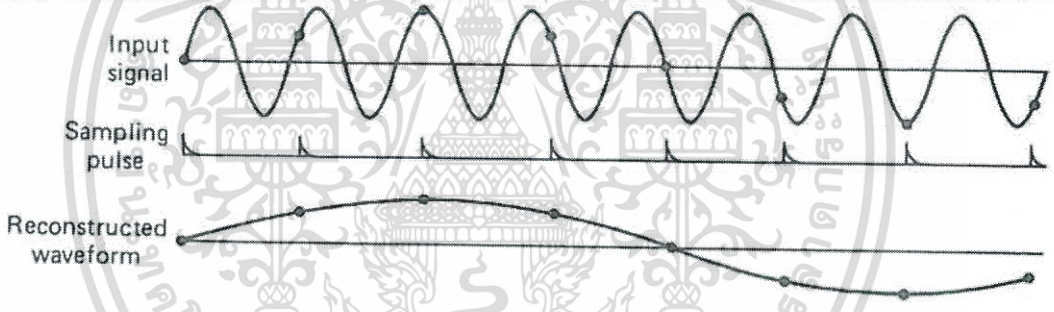
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1) ชนิดของออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปสามารถระบุชนิดตามพัฒนาการได้ 4 ชนิดดังนี้

2.6.1.1 ออสซิลโลสโคปแบบสุ่มตัวอย่าง (Sampling oscilloscopes)

เราจะนำเทคนิคการสุ่มตัวอย่างมาใช้ในกรณีที่การแสดงรูปของสัญญาณที่เกิดขึ้นมีลักษณะซ้ำๆกัน และมีความถี่สูงกว่าขอบเขตของออสซิลโลสโคป โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างเราจะได้รูปคลื่นสัญญาณใหม่ ซึ่งจะเป็นตัวแทนของสัญญาณที่ทำสุ่มตัวอย่างลักษณะการทำงานของระบบสุ่มตัวอย่างนี้ จะวัดขนาดของสัญญาณที่เวลาหนึ่งๆ และนำไปแสดงผลทันทีที่จอหลอดภาพรังสีแคโทดในรูปแบบของจุดอิเล็กตรอนและจะหยุดการทำงานของลำอิเล็กตรอนเพื่อให้ลำอิเล็กตรอนเลื่อนที่ไปตามแนวนอนในระยะสั้นๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงหลักการสุ่มตัวอย่าง

ในช่วงระหว่างนี้ออสซิลโลสโคปจะทำการสุ่มตัวอย่างใหม่อีกครั้งที่คาบเวลาถัดไปของรูปคลื่นสัญญาณ และนำไปแสดงผลทันทีที่จอหลอดภาพรังสีแคโทดในรูปของจุดอิเล็กตรอนเช่นเคย การสุ่มตัวอย่างนี้อาจใช้ตัวอย่างถึง 1000 จุดสำหรับการกำหนดรูปคลื่นสัญญาณใหม่ซึ่งจะเป็นตัวแทนของสัญญาณที่ทำกากรสุ่มตัวอย่าง

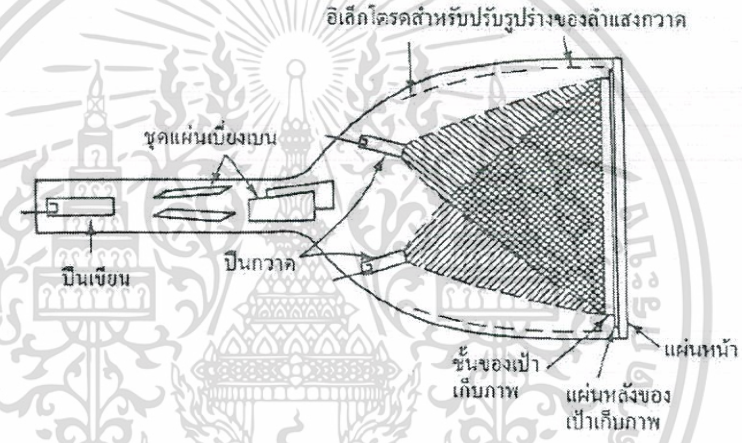
2.6.1.2 ออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อก (Analog storage oscilloscope)

ออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อก เป็นออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพชนิดหนึ่งซึ่งจะใช้การออกแบบพิเศษที่หลอดภาพรังสีแคโทด โดยใช้ปืนอิเล็กตรอนจำนวน 2 อัน แสดงดังรูปที่ 2.9 ประกอบด้วยปืนเขียน (writing gun) ซึ่งจะเหมือนกับปืนอิเล็กตรอนตามปกตินั่นเอง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปืนกวาด (flood gun) จะระดมยิงอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่เหมือนกันไปยังจอหลอดภาพรังสีแคโทด

เมื่อสารฟอสเฟอร์ (phosphor) ได้รับการปะทะจากอิเล็กตรอนพลังงานต่ำจะทำการเก็บและสะสมพลังงานเอาไว้ อย่างไรก็ตามส่วนที่ไม่มีพลังงานตามเงื่อนไขจะไม่ทำการเก็บประจุในขณะนี้ ร่องรอยของพลังงานจะถูกบันทึกไว้และเมื่อปืนเขียนทำงานจะยิงอิเล็กตรอนพลังงานสูงไปปะทะที่จอภาพเพื่อกำหนดรูปแบบของภาพส่วนของสารฟอสเฟอร์เมื่อได้รับ การปะทะจากอิเล็กตรอนพลังงานสูงซึ่งครอบคลุมด้วยประจุจำนวนมากผสมกับอิเล็กตรอนจากปืนกวาดจะถูกดึงดูดเข้าไป เพื่อรักษารูปภาพให้คงอยู่ รูปภาพสามารถลบได้โดยกำหนดให้จอภาพสารฟอสเฟอร์ถูกต่อลงกราวด์เพื่อย้ายประจุส่วนเกินออกไป



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อก

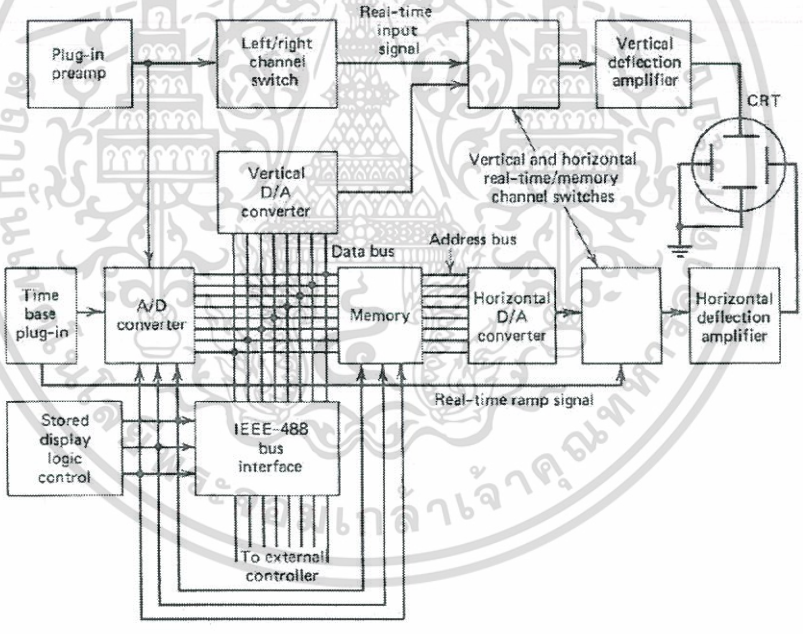
2.6.1.2 ออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล (Digital storage oscilloscopes ; DSO) จะใช้เทคนิคดิจิตอล และจะแตกต่างจากออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อกตรงที่มันจะต้องเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลและเก็บสัญญาณดิจิตอลไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นจะต้องแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อแสดงผลบนหน้าจอหลอดภาพรังสีแคโทด

โดยทั่วไปโครงสร้างของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลจะเพิ่มส่วนการประมวลสัญญาณเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการดึงรูปคลื่นสัญญาณการวัด และการแสดงผลแสดงดังรูปที่ 2.10 จะเห็นว่ามีชุดเสียบให้เลือกมากมายสำหรับทำหน้าที่พิเศษ ข้อมูลจะแสดงในลักษณะเป็นจุดที่จะทำให้เห็นเป็นเส้นตำแหน่งของแต่ละจุดบนแนวตั้งจะเป็นการกำหนดด้วยเลขฐานสองที่เก็บอยู่ในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำส่วนตำแหน่งในแนวนอนจะมาจากการกำหนดแอดเดรสเลขฐานสองของแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจำนวนจุดที่แสดงจะขึ้นกับตัวประกอบ 3 อย่าง คือความถี่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณขาเข้าเทียบกับอัตราการสุ่มตัวอย่างขนาดของหน่วยความจำและอัตราซึ่งสามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำถ้าความถี่ของสัญญาณขาเข้ายิ่งสูงเมื่อเทียบกับอัตราการสุ่มเราจะได้จำนวนข้อมูลลดลง

ออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลกับแบบอนาล็อกต่างก็มีข้อดีที่แตกต่างกัน แต่ออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลก็มีพัฒนาการขึ้นอย่างรวดเร็วขณะนี้แถบกว้างความถี่ของระบบสูงถึง 1 จิกะเฮิร์ท โดยมีความถูกต้องของช่วงเวลาถึง 100 ปิโควินาที ออสซิลโลสโคปจำนวนมากจะมีลักษณะเป็นชุดโมดูลที่สามารถเพิ่มจำนวนช่องและหน้าที่ต่างๆได้ ด้วยการเสียบชุดโมดูลที่เหมาะสมเข้าไป นอกจากนั้นการจับและการแสดงผลสัญญาณออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลจะมีความสามารถพิเศษในการเก็บข้อมูลได้ไม่จำกัดการโอนถ่ายข้อมูลที่เก็บไว้ไปให้แก่เครื่องมือวัดดิจิตอลอื่นๆ โดยการตั้งออสซิลโลสโคปในโหมดสวีปครั้งเดียวเราสามารถจะเก็บข้อมูลได้ทั้งก่อนและหลังการจุดชนวนซึ่งมีความจำเป็นมากในการหาสาเหตุหรือแหล่งของสัญญาณผิดพลาด

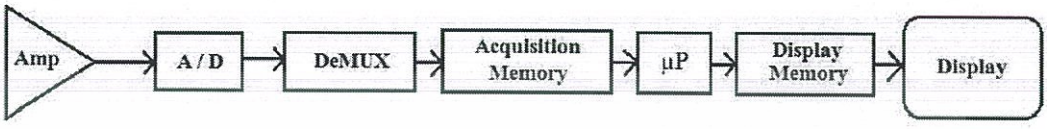


รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล

ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลของออสซิลโลสโคปจะกำหนดลักษณะจำเพาะต่อการทำงานที่สำคัญมากในเรื่องของความแยกแยะได้ของแรงดัน ซึ่งจะถูกควบคุมโดยจำนวนบิตของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลและความเร็วในการเก็บข้อมูลจะถูกควบคุมด้วยความเร็วสูงสุดในการแปลงส่วนการแยกแยะได้ของเวลา สามารถเลือกได้จากการเลือกขนาดของหน่วยความจำสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลแต่ละรูปคลื่น นอกเหนือจากนั้นการแสดงเป็นเส้นบนหน้าจอหลอดภาพรังสีแคโทดจะเป็นอนาล็อกที่สามารถสั่งพิมพ์จากเครื่องบันทึกแบบปากกาที่เป็นดิจิตอล โดยผ่านสายสัญญาณอาร์เอส 232 (RS 232) ปุ่มควบคุมบนแผงด้านหน้าเกือบทั้งหมดของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลจะเหมือนกับปุ่มควบคุมของออสซิลโลสโคปโดยทั่วไป กระบวนการทำงานของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลแสดงได้ดังรูปที่ 2.11



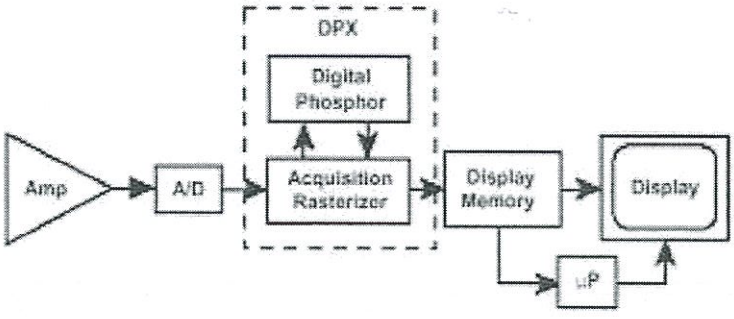
รูปที่ 2.11 แสดงผังการทำงานของออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล

2.6.1.3 ออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสง (Digital phosphor oscilloscopes ; DPO)

เป็นสถาปัตยกรรมใหม่ของออสซิลโลสโคปมีความสามารถใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพอนาล็อกการทำงานในส่วนวงจรขยายสัญญาณแนวตั้งและส่วนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลจะเหมือนกับออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอล แต่จะแตกต่างจากออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลในส่วนของการแสดงความเข้มของสัญญาณที่คล้ายกับออสซิลโลสโคปแบบหลอดภาพรังสีแคโทด

สิ่งสำคัญอีกอย่างก็คือออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสงดิจิตอลมีกระบวนการในการประมวลผลแบบขนาน (parallel processing) โดยแยกเอาส่วนสำคัญบางส่วนออกจากกระบวนการประมวลผลการวัด คล้ายกับออสซิลโลสโคปแบบเก็บภาพดิจิตอลตรงที่ออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสงดิจิตอลใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการแสดงผลการวัดอัตโนมัติ และการวิเคราะห์สัญญาณแต่ออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสงดิจิตอลจะมีการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์อีกตัวหนึ่งในการคำนวณแสดงได้ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

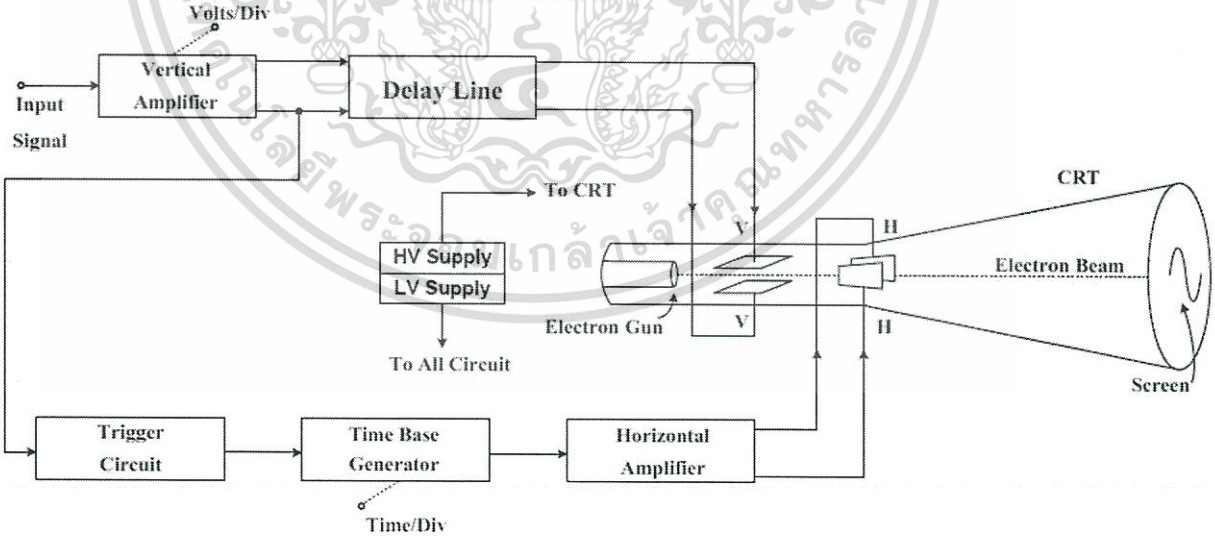


รูปที่ 2.12 แสดงผังการทำงานของออสซิลโลสโคปแบบสารเรืองแสงดิจิตอล

2.6.2) โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของออสซิลโลสโคป

โครงสร้างพื้นฐานของออสซิลโลสโคป สามารถแบ่งได้ 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.13

1) ส่วนจ่ายกำลัง (Power supply) ต้องการแรงดันสูง (มากกว่า 1kV ขึ้นไป) สำหรับหลอด CRT เพื่อผลิตและเร่งลำอิเล็กตรอน และแรงดันต่ำสำหรับเลี้ยงวงจรต่างๆ ภายใน
2) ส่วนหลอดภาพแคโทดเรย์ (CRT : CATHODE RAY TUBE) เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการ
3) ระบบการเบี่ยงเบนแนวตั้ง (Vertical Amplifier)
4) ระบบการเบี่ยงเบนแนวนอน (Horizontal Amplifier)



รูปที่ 2.13 แบบบล็อกไดอะแกรมของออสซิลโลสโคปทั่วๆไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

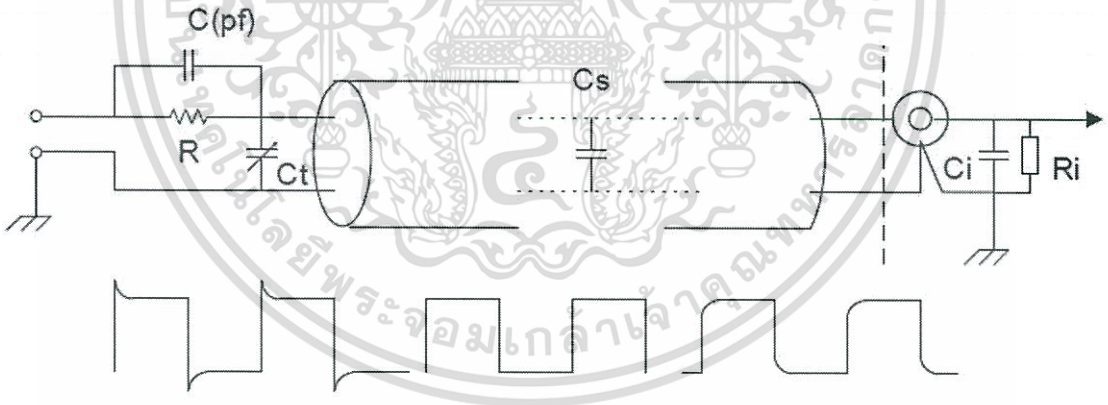
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานเบื้องต้นคือ ออสซิลโลสโคปในห้องปฏิบัติการจะมีฐานเวลา (time base) ซึ่งผลิตแรงดันที่ถูกต้องจ่ายให้หลอด CRT ในการเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนด้วยอัตราของเวลาที่คงที่ สัญญาณที่ต้องการวัดจะเข้ามาผ่านตัวขยายในแนวตั้ง เพื่อเพิ่มศักย์ของสัญญาณเข้าให้เหมาะสมกับการเบี่ยงเบนของลำอิเล็กตรอน การทำให้เกิดขึ้นพร้อมกันของการเบี่ยงเบนแนวนอนกับสัญญาณเข้าในแนวตั้งในแต่ละเวลาที่กวาดหรือวาดสัญญาณจะมีการนำวงจร synchronizing หรือ วงจรทริกเกอร์มาใช้ด้วย ซึ่งวงจรนี้จะต่อเชื่อมระหว่างสัญญาณขาเข้าแนวตั้งกับฐานเวลาแนวนอน

2.6.3) โพรบ (Probe)

สายวัด Probe เป็นอุปกรณ์ประกอบสา หรับเป็นสายที่นา ไปต่อกับจุดที่ต้องการวัด มี 2 ชนิดคือ ชนิดใช้วัด กระแส เรียก Probe กระแส และชนิดใช้วัดแรงดัน เรียกว่า Probe แรงดัน

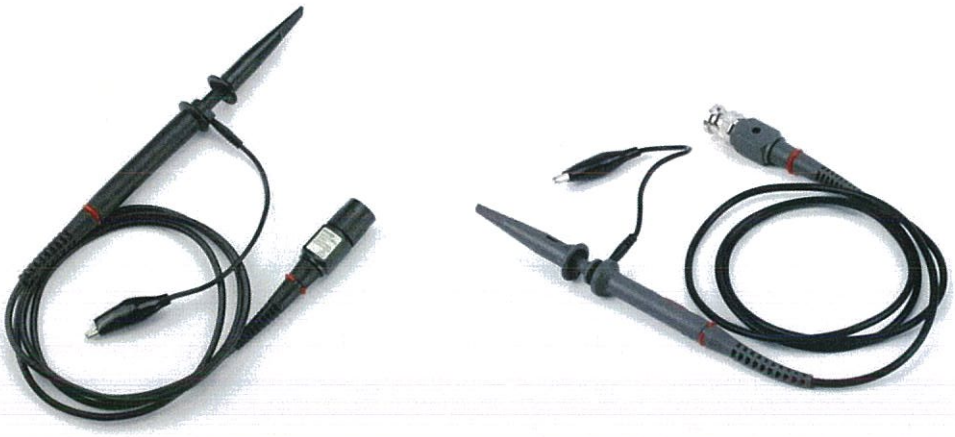
สาย Probe ของออสซิลโลสโคปจะสามารถปรับค่าอิมพีแดนซ์ได้เพื่อให้เหมาะสมกับอิมพีแดนซ์ของ ออสซิลโลสโคป ถ้าค่านี้ไม่เหมาะสมกันจะทา ให้รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จอ มีรูปเพี้ยนไป ซึ่งสามารถแสดงรูปและวงจร อิมพีแดนซ์ของสายพร้อมกับรูปสัญญาณที่เพี้ยนไปเมื่อค่าอิมพีแดนซ์นี้ไม่เหมาะสมกัน ดังรูปที่ 2.14



เมื่อปรับค่า Ct มีค่าน้อยไป เมื่อปรับค่า Ct มีค่าพอดี เมื่อปรับค่า Ct มีค่ามากไป

รูปที่ 2.14 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสาย PROBE และเมื่อปรับค่า Ct ของสายที่มีค่าต่างๆ

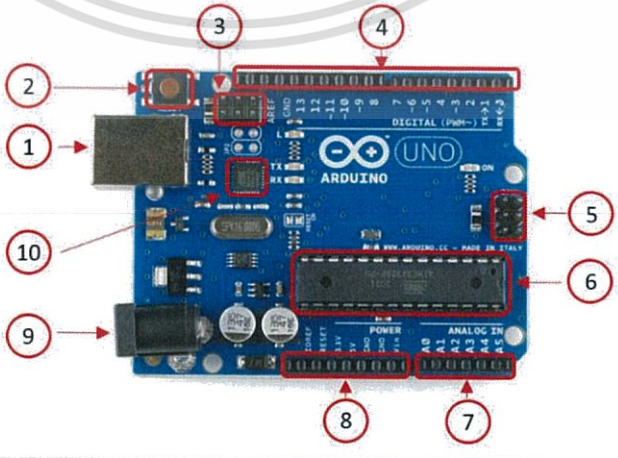
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148492



รูปที่ 2.15 สาย PROBE

2.7 อาดุยโน่ (Arduino Uno R3)

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย เช่น การรับข้อมูลจากโปรแกรม Microsoft Excel ผ่าน USB Port โดยพัฒนาควบคู่ไปกับ VBA และอื่นๆ อีกมากมาย เป็นต้น ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างองค์ประกอบและลักษณะของ Arduino รุ่น Uno R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **USB Port:** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟ
2. **Reset Button:** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. **ICSP Port:** ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port
4. **I/O Port:** Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย
5. **ICSP Port:** Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Boot loader
6. **MCU:** Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. **I/O Port:** นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก
8. **Power Port:** ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก
9. **Power Jack:** รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. **MCU:** ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial

2.8 วงจรรวม หรือ วงจรเบ็ดเสร็จ (Integrated Circuit ; IC)

เป็นวงจรที่นำเอาไดโอด, ทรานซิสเตอร์, ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ และองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางทีอาจเรียก ชิป(Chip) และสร้างองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ ฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียด ผสมกับขบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดสูงมาก สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมาก ภายในไอซี จะมีส่วนของลอจิกมากมาย ในบรรดาวงจรเบ็ดเสร็จที่ซับซ้อนสูง เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งใช้ทำงานควบคุมคอมพิวเตอร์ จนถึงโทรศัพท์มือถือแม้กระทั่งเตาอบไมโครเวฟแบบดิจิทัล

2.8.1) ประเภทของไอซีแบ่งตามจำนวนเกท

จำนวนของเกทต่อไอซีจะกำหนดประเภทของไอซี 1 เกท เท่ากับ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ 1 ชิ้น

1) ขนาด SSI (Small Scale Integration) จะมีตั้งแต่ 1 ถึง 10 เกท
2) ขนาด MSI (medium scale integration) จะมีตั้งแต่ 10 ถึง 100 เกท
3) ขนาด LSI (large scale integration) จะมีตั้งแต่ 100 ถึง 10,000 เกท
4) ขนาด VLSI (Very large scale integration) จะมีตั้งแต่ 100,000 ถึง 10,000,000 เกท
5) ขนาด ULSI (Ultra-Large Scale Integration) จะมีตั้งแต่ 1,000,000 เกทขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2) โครงสร้างของไอซี

ธาตุที่นำมาผลิตไอซีคือ ธาตุซิลิกอน ขนาดของสารกึ่งตัวนำที่สร้างเป็นตัวไอซีบางตัวมีขนาดเล็กมาก ซึ่งขนาดของสารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นไอซี จะมีขนาดใหญ่หรือเล็ก ขึ้นอยู่กับปริมาณของอุปกรณ์ที่ใส่ลงไป สาเหตุที่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำถูกพัฒนาไปในลักษณะของไอซี เพราะไอซีมีข้อดีกว่าอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นตัวๆ หลายประการด้วยกัน ดังนี้

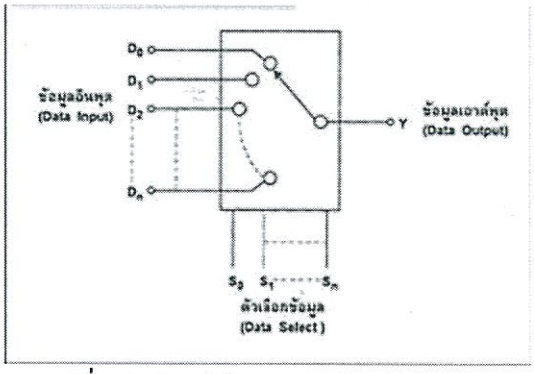
1) มีความเชื่อถือในการทำงานสูง
2) มีอายุในการใช้งานยาวนาน และทนทาน
3) มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และรวดเร็ว
4) ราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับอุปกรณ์เป็นตัวๆ
5) มีขนาดเล็กกะทัดรัด น้ำหนักเบา
6) ใช้พลังงานน้อย ไม่มีส่วนที่ทำให้เกิดความร้อนสูง
7) การนำไปใช้งาน ทำได้ง่าย และสะดวกรวดเร็ว

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างวงจรรวมแบบชนิดมีขา และไม่มีขา

2.9 มัลติเพล็กซ์เซอร์

มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer : MUX) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ตัวเลือกข้อมูล(Data Selector) ซึ่งเป็นตัวที่ทำหน้าที่เลือกช่องสัญญาณที่มีข้อมูลช่องหนึ่งจากหลายๆช่องสัญญาณมาเป็นอินพุตและต่อช่องสัญญาณที่มีข้อมูลนั้นเข้าเป็นสัญญาณเอาต์พุตเพียงเอาต์พุตเดียว ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การทำงานของ multiplexer

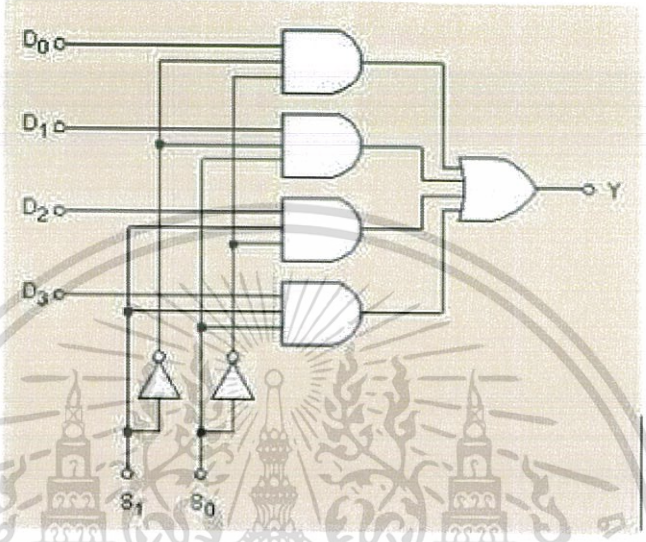
จากรูปทางด้านซ้ายนั้นได้แสดงอินพุตจำนวน n ขา ตั้งแต่ D0 ถึง Dn ขาซึ่งใช้สำหรับเลือกข้อมูล S0 ถึง Sm และขาเอาต์พุต Y ส่วนขาของ S0 ถึง Sm ใช้สำหรับการเลือกให้อินพุตใดจากอินพุต D0 ถึง Dn ผ่านออกไปที่เอาต์พุต Y และจำนวนขาของ S นั้นก็ยังมีความสัมพันธ์กับจำนวนขาของอินพุต D คือ เช่น ถ้ามีจำนวนอินพุตที่จะถูกเลือกจำนวน 4 อินพุต จำนวนบิตของขาสำหรับเลือกข้อมูลจะเท่ากับ 2 (22 = 4) ถ้ามีจำนวนอินพุตที่จะถูกเลือกจำนวน 8 อินพุต จำนวนบิตของขาสำหรับเลือกข้อมูลจะเท่ากับ 3 (23 = 8) เป็นต้น

ซึ่งวิธีการรวมข้อมูลจากหลายๆ จุด แล้วส่งผ่านไปตามสายส่งเพียงสายเดียวนั้น เรียกว่า multiplex ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 รูปแบบคือ

1) การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexer หรือ TDM) เป็นวิธีที่เพิ่งจะได้รับการพัฒนาขึ้นมาได้ไม่นานนักการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาจะใช้เส้นทางเพียงเส้นทางเดียวและคลื่นพาห์ความถี่เดียวเท่านั้นแต่ ผู้ใช้แต่ละคนนั้นจะได้รับการจัดสรรเวลาในการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ต้องการนั้นเพื่อส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่ตนต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiplexer หรือ FDM) เป็นวิธีที่ใช้กันทั้งระบบที่มีสายและระบบคลื่นวิทยุ ซึ่งหลักการของการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่นี้คือ การนำสัญญาณจากแหล่งต่างๆมารวมกัน ให้อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกันที่ความถี่ต่างๆ และสัญญาณเหล่านี้สามารถที่จะใช้เส้นทางร่วมกันได้ซึ่งต่างจากแบบแรกที่ไม่สามารถใช้ร่วมกันได้



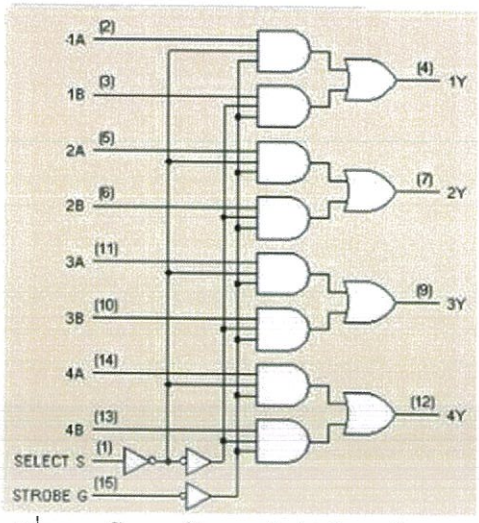
รูปที่ 2.19 วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ขนาด 4 อินพุต

2.9.2) ไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์

1. ไอซีเบอร์ 74157 (Quadruple 2-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer)

ไอซีเบอร์ 74157 เป็นไอซีที่มี ขนาด 2 อินพุต 4 ชุดในไอซี 1 ตัว ใช้ขาเลือกข้อมูล (Select : S) ร่วมกัน ขาสโตรบ (Strobe : G) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ มัลติเพล็กซ์เซอร์ทั้ง 4 ชุด

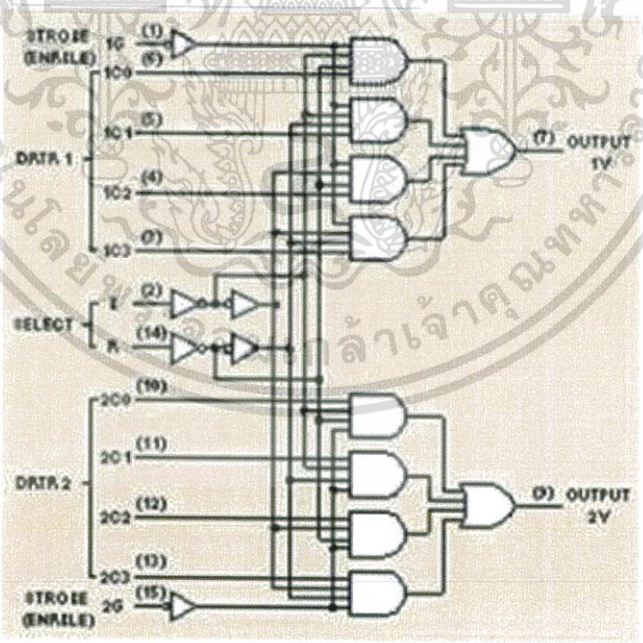
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ 74157

2. ไอซีเบอร์ 74153 (Dual 4-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer)

ไอซีเบอร์ 74153 เป็นไอซีเลือกข้อมูลจากข้อมูลอินพุต 4 อินพุต (C0 ถึง C3) ให้ออกที่เอาต์พุต เพียงเอาต์พุตเดียว จำนวน 2 ชุดในไอซี 1 ตัว โดยใช้บิตของตัวเลือกข้อมูลร่วมกัน 2 บิต คือ B และ A มีขาสโตรบ (G) สำหรับควบคุมการทำงานของมัลติเพล็กซ์เซอร์ทั้ง 2 ชุด

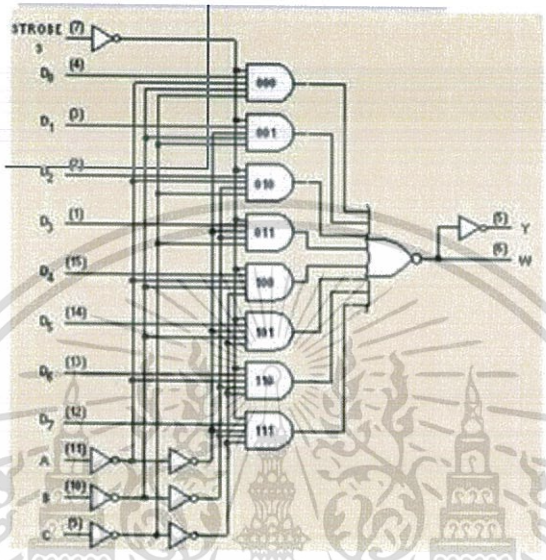


รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ 74153

2.3 ไอซีเบอร์ 74151 (8-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีเบอร์ 74151 เป็นไอซีเลือกข้อมูลจากข้อมูลอินพุต 8 อินพุต (D0 ถึง D7) ให้ออกที่เอาท์พุต 2 เอาต์พุต ซึ่งเอาต์พุตหนึ่งเป็นเอาต์พุตที่มีสภาวะลอจิกเหมือนกับอินพุตที่ถูกเลือก ส่วนอีก เอาต์พุตหนึ่งมีสภาวะลอจิกตรงกันข้ามกับอินพุตที่ถูกเลือก โดยมีจำนวนบิต ของตัวเลือกข้อมูล 3 บิต มีขาสโตรบ (S) สำหรับควบคุมการทำงานของมัลติเพล็กซ์เซอร์ทำงานที่ ลอจิก “0”

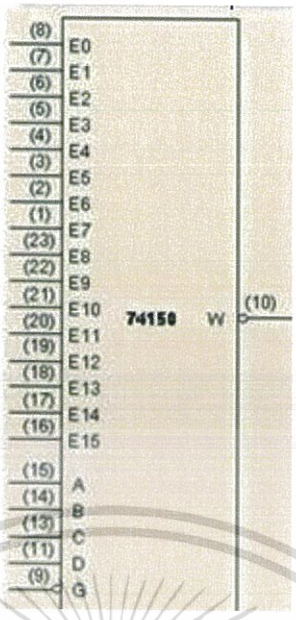


รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในไอซีเบอร์ 74151

2.4 ไอซีเบอร์ 74150 (16-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer)

ไอซีเบอร์ 74150 เป็นไอซีเลือกข้อมูลจากข้อมูลอินพุต 16 อินพุต (E0 ถึง E15) ซึ่งเอาต์พุตที่ได้มีสภาวะลอจิกตรงกันข้ามกับอินพุตที่ถูกเลือก โดยมีจำนวนบิตของตัวเลือกข้อมูล 4 บิต มีขาสโตรบสำหรับควบคุมการทำงานของมัลติเพล็กซ์เซอร์ทำงานที่ลอจิก “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การจัดขาของไอซีเบอร์ 74150

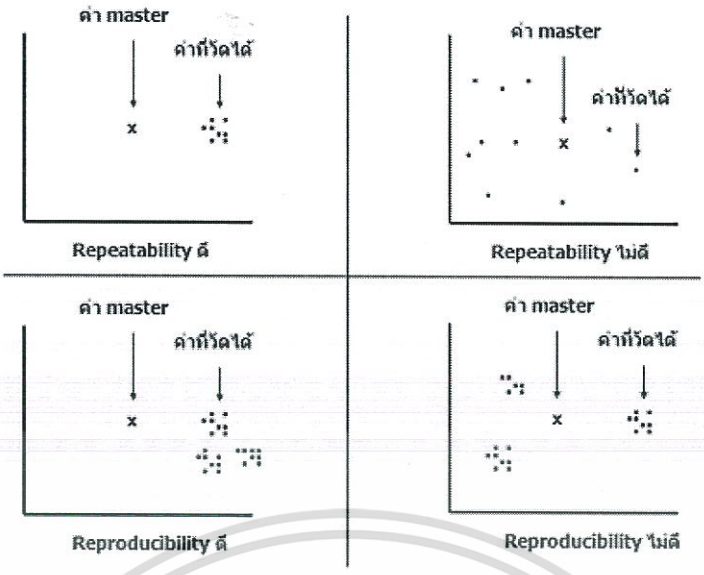
2.10 Gage R&R

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



รูปที่ 2.24 Repeatability และ Reproducibility

การ Gage นั้นมีหลายรูปแบบ เช่น

- แบบ Site to Site gate : เป็นการเปรียบเทียบค่าระหว่างไซต์ การ test ในแต่ละไซต์จะต้องได้ค่าใกล้เคียงกัน
- แบบ Site to Site Interaction : เป็นการเปรียบเทียบค่า ว่าในการรันครบ ไซต์ จะต้องได้ 4 ไซต์ 3 หรือ 2หรือ 1 ค่าใกล้เคียงกันการรัน
- แบบ Insertion : เป็นการเปรียบเทียบค่าระหว่างการใส่ชิ้นงานตัวเดิมซ้ำ หลายๆครั้ง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนั้น สามารถทำโดยการใช้โปรแกรม Excel เข้ามาช่วยในการคำนวณ Repeatability และ Reproducibility ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานโครงงาน

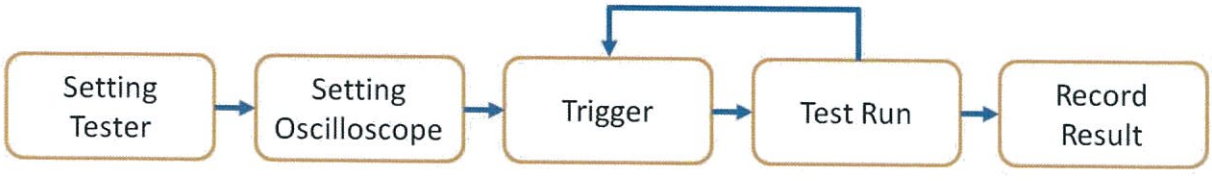
3.1 แผนการดำเนินงาน

1) ศึกษาการใช้งาน Microsoft Excel โดยเน้นการเขียนฟังก์ชั่นต่างๆ ด้วย Visual Basic for Application (VBA)
2) เขียน VBA ใน Microsoft Excel เชื่อมต่อกับออสซิลโลสโคป (รุ่น DPO4014) โดยใช้โปรแกรม TekVISA เพื่อเรียกใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ในออสซิลโลสโคป
3) เขียน VBA เรียกใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ในออสซิลโลสโคป โดยจะมีการกำหนดค่าต่างๆ จากบนเซลล์ของ Microsoft Excel แล้วไปตั้งค่าอัตโนมัติบนออสซิลโลสโคป เช่น การกำหนด Volt (Time) per Division จากค่าบนเซลล์ทำให้ไม่จำเป็นต้องไปปรับบนออสซิลโลสโคป อีกทั้งยังมีการกำหนดจุด Trigger ,GND line, Offset, Trigger Fall/Rise และอื่นๆ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.1

```
'Setting Scope
'Tvc1.WriteString "*rst"                          'Reset All
Tvc1.WriteString "HOR:RECO 1E+7"                  'Record Length
Tvc1.WriteString "CH1:BANDWIDTH 20E+6 "           'Bandwidth 20MHz
Tvc1.WriteString "ACQUIRE:MODE SAMPLE"            'MODE Sample
Tvc1.WriteString "SELECT:CH2 OFF"                 'OFF CH2
Tvc1.WriteString "SELECT:CH3 OFF"                 'OFF CH3
Tvc1.WriteString "SELECT:CH4 OFF"                 'OFF CH4
Tvc1.WriteString "TRIGGER:A:MODE NORMAL"          'Trigger Mode
Tvc1.WriteString "TRIGGER:A:TYPE EDGE"            'Trigger Type
```

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการตั้งค่าพื้นฐานในออสซิลโลสโคปด้วย VBA

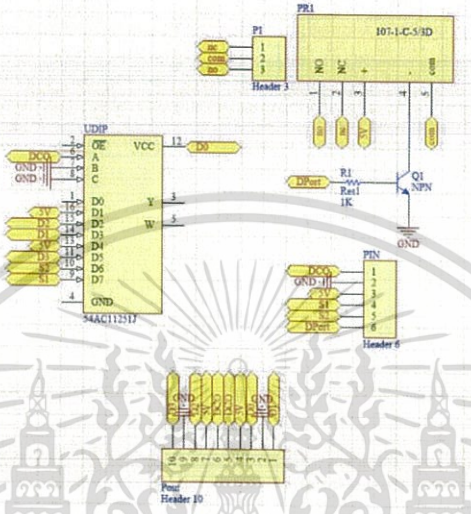
4) ศึกษาวิธีการทดสอบแรงดันสไปก์จริง โดยใช้ระบบปกติ (Manual) เพื่อนำมาเป็นแนวทางสำหรับการทำระบบอัตโนมัติ (Automatic) โดยเน้นแนวความคิดแบบวิศวกรเป็นหลัก ซึ่งมีกระบวนการขั้นตอนดัง**รูปที่ 3.2**



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบแรงดันสไปก์ระบบปกติ (Manual)

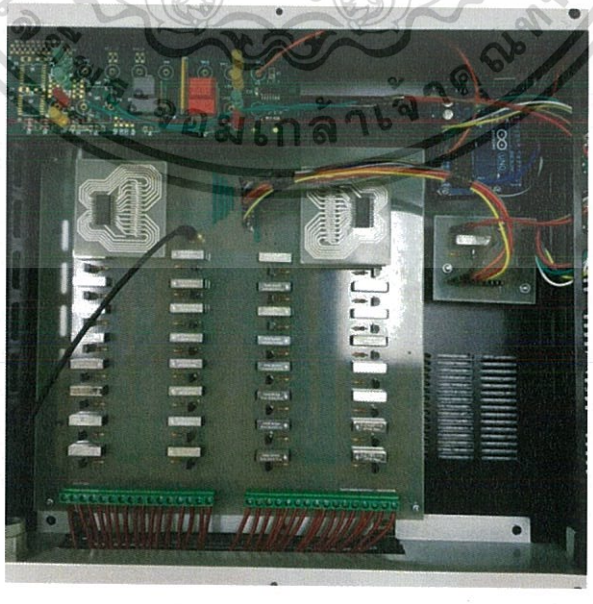
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ศึกษาสัญญาณการเริ่มทดสอบและสิ้นสุดของ Tester จากบอร์ด Controller interface
6) ทำวงจรรีเลย์เพื่อควบคุมสัญญาณการเริ่มทดสอบและสิ้นสุด โดยใช้ Arduino ควบคุมการทำงานของรีเลย์อีกที โดยออกแบบโค้ดใน Arduino และได้ทำการเชื่อมต่อ Arduino กับ MS Excel โดยใช้โปรแกรม PLX-DAQ และ VBA ในการออกแบบ



รูปที่ 3.3 วงจรรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับ Arduino

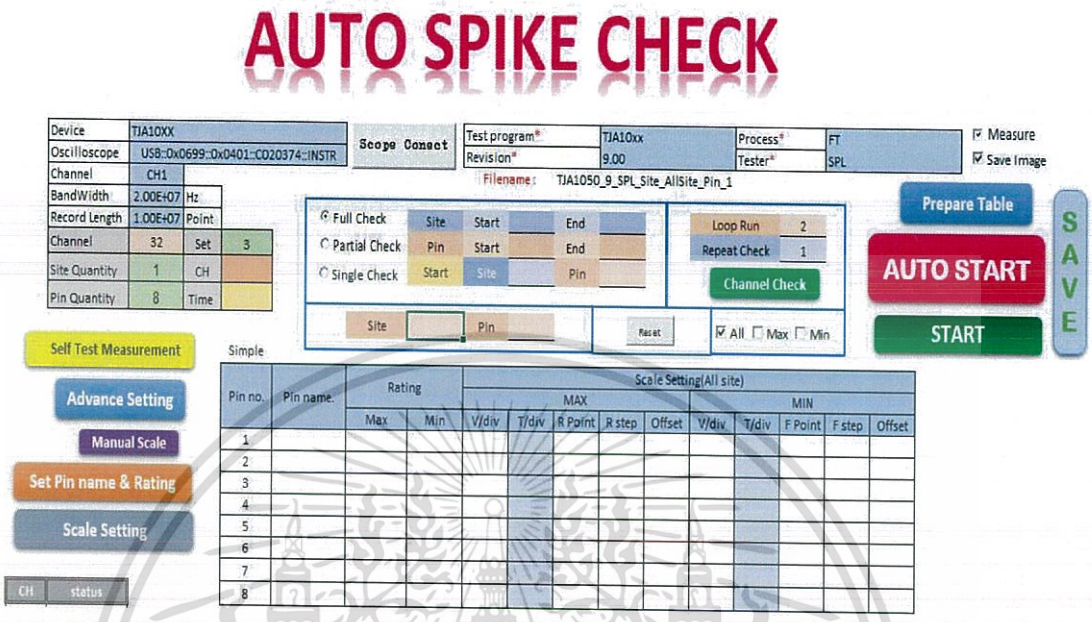
7) นำ Controller interface วงจรรีเลย์ และ Arduino มาประกอบรวมกันกลายเป็น Controller Box ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Controller Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ออกแบบ VBA สำหรับการบันทึกรูปกราฟแบบอัตโนมัติ และตั้งชื่อรูปภาพตาม Pin และ Site ของชิ้นงานที่ถูกทดสอบ



รูปที่ 3.5 หน้า Interface ของโปรแกรมจาก VBA

9) พัฒนาระบบ Measurement โดยในครั้งแรกนั้นจะมีการทดสอบแรงดันแบบ Over all แล้วนำค่าที่อ่านจาก Measurement (Min & Max voltage) มาเป็นตัวกำหนดค่า Trigger แบบอัตโนมัติ

10) นำโครงงานไปใช้จริงในการทดสอบแรงดันสไปก์ บันทึกและสรุปผล

3.2 เครื่องมือในการดำเนินงาน

1. ออสซิลโลสโคป รุ่น Tektronix DPO4014	1	เครื่อง
2. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุค	1	เครื่อง
3. สาย USB type B	2	เส้น
4. สายเชื่อม Tester Controller interface	1	เส้น
5. บอร์ด Arduino รุ่น Uno R3	1	อัน
6. Tester Controller interface	1	อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Pickering Relay รุ่น 107-1-C-5/3D	65	ตัว
8. ตัวต้านทาน 1 KΩ	65	ตัว
9. ทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN	65	ตัว
10. มัลติเพล็กลกเซอร์4แชนแนล	1	ตัว
11. มัลติเพล็กลกเซอร์16แชนแนล	4	ตัว
12. กล่องเปล่า	1	กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในการตรวจสอบแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัติ ต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงเป็นอย่างมากเป็น โดยใช้การ Gage R&R มาทดสอบความเที่ยงตรง จึงมีการเก็บค่าผลลัพธ์ทั้งสองแบบคือ แบบปกติ (Manual) และแบบอัตโนมัติ (Automatic) มาเปรียบเทียบ และผลลัพธ์ทั้งสองแบบต้องเท่ากัน หรือมีความใกล้เคียงกันเป็นอย่างมาก จึงได้มีการทดลองกับผลิตภัณฑ์ TJA1051 ทั้ง 2 ที่ค่า Minimum ได้แก่ Pin CANH และ STB ปรากฏได้ผล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Welcome to Minitab, press F1 for help.
```

Gage R&R Study - ANOVA Method

```
* NOTE * No or identical values for Operator - will analyze data without
        operator factor.
```

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
System	1	0.0000000	0.0000000	*	*
Repeatability	10	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0000000			

Alpha to remove interaction term = 0.25

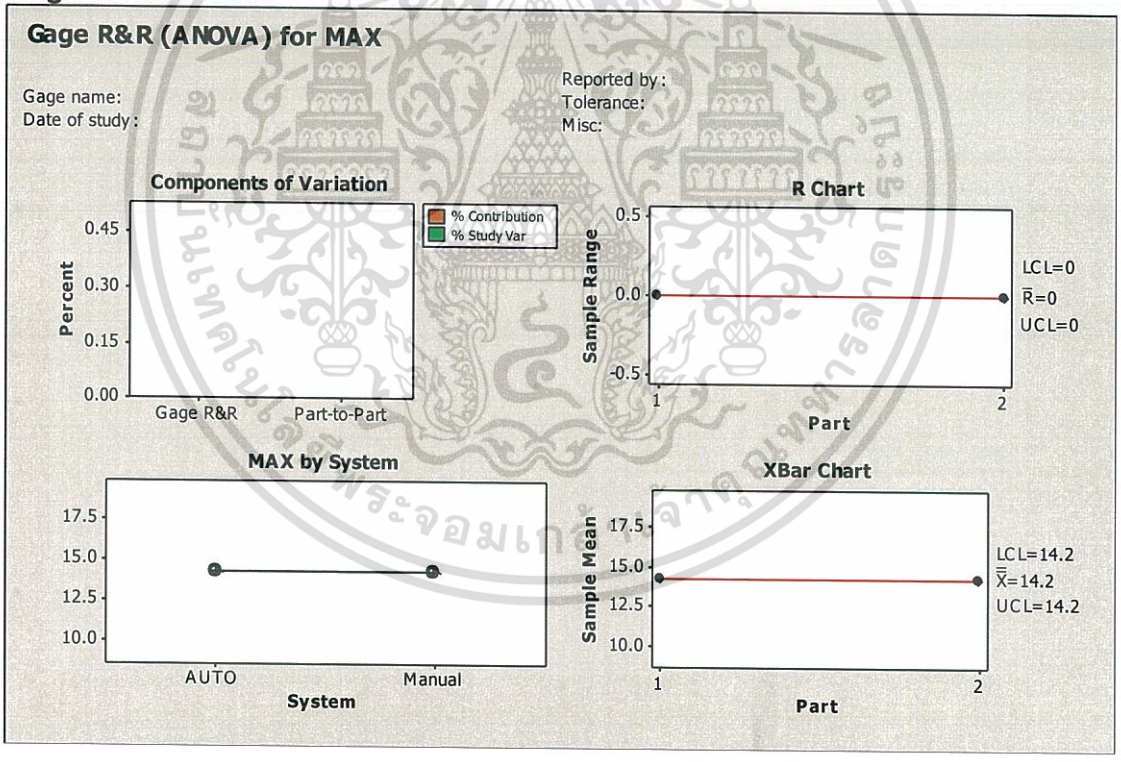
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000000	*
Repeatability	0.0000000	*
Part-To-Part	0.0000000	*
Total Variation	0.0000000	*

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0000000	0.0000000	*
Repeatability	0.0000000	0.0000000	*
Part-To-Part	0.0000000	0.0000000	*
Total Variation	0.0000000	0.0000000	*

Number of Distinct Categories = *

Gage R&R for MAX



รูปที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Maximum ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin STB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * No or identical values for Operator - will analyze data without operator factor.

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
System	1	0.0012	0.0012	*	*
Repeatability	10	0.0000	0.0000		
Total	11	0.0012			

Alpha to remove interaction term = 0.25

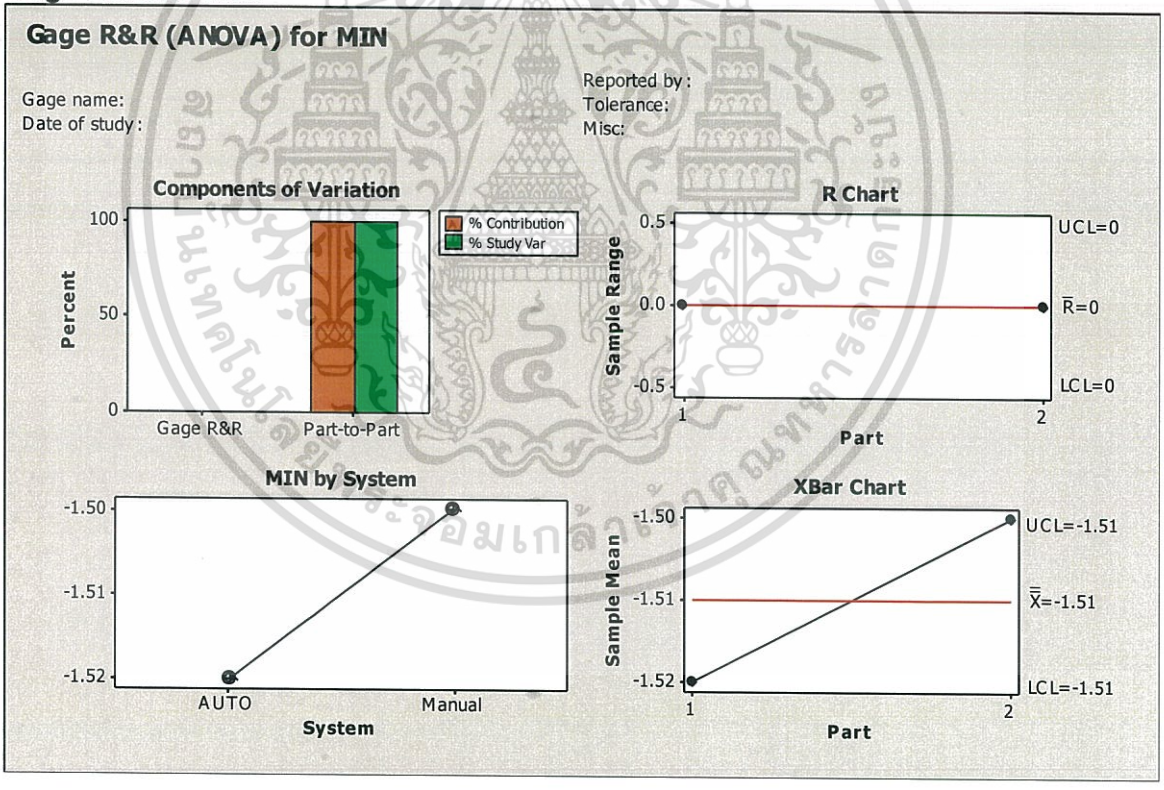
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000	0.00
Repeatability	0.0000	0.00
Part-To-Part	0.0002	100.00
Total Variation	0.0002	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0000000	0.0000000	0.00
Repeatability	0.0000000	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0141421	0.0848528	100.00
Total Variation	0.0141421	0.0848528	100.00

Number of Distinct Categories = *

Gage R&R for MIN



รูปที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Minimum ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin STB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * No or identical values for Operator - will analyze data without operator factor.

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
System	1	0.0012000	0.0012000	*	*
Repeatability	10	0.0000000	0.0000000		
Total	11	0.0012000			

Alpha to remove interaction term = 0.25

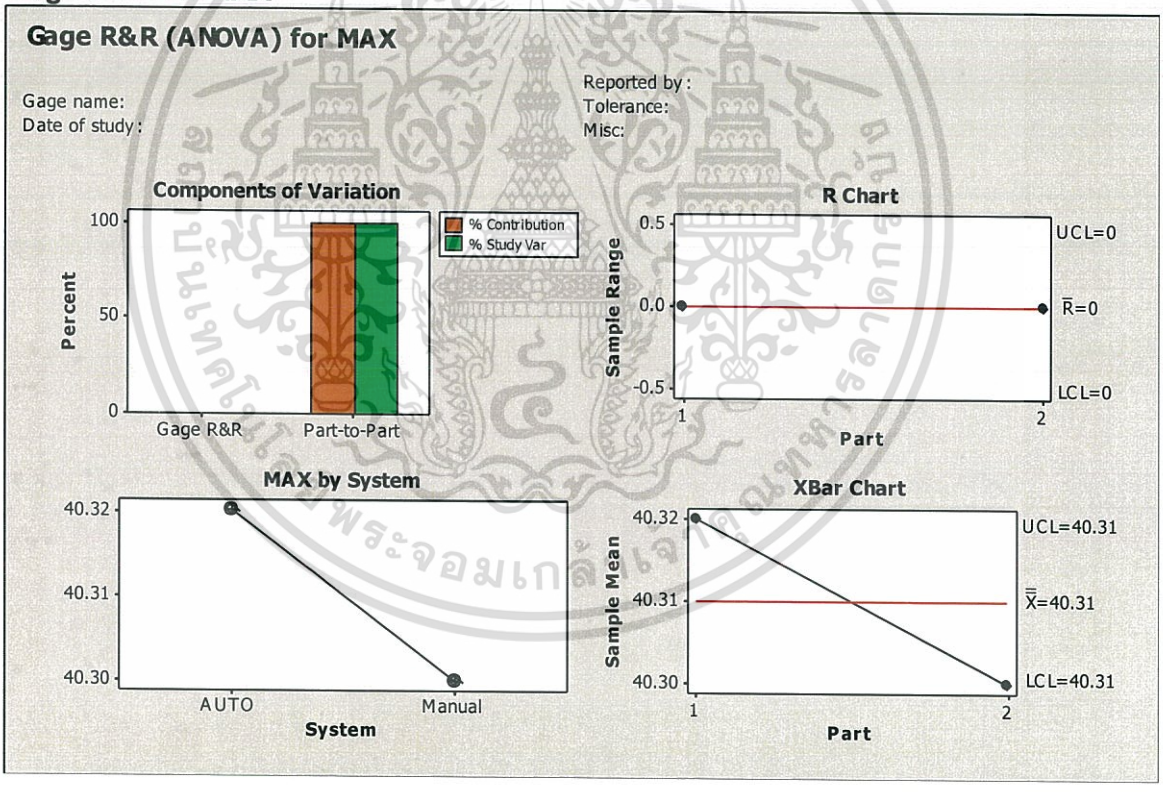
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000000	0.00
Repeatability	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0002000	100.00
Total Variation	0.0002000	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0000000	0.0000001	0.00
Repeatability	0.0000000	0.0000001	0.00
Part-To-Part	0.0141421	0.0848528	100.00
Total Variation	0.0141421	0.0848528	100.00

Number of Distinct Categories = *

Gage R&R for MAX



รูปที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Maximum ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin CANH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * No or identical values for Operator - will analyze data without operator factor.

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
System	1	0.0048	0.0048	*	*
Repeatability	10	0.0000	0.0000		
Total	11	0.0048			

Alpha to remove interaction term = 0.25

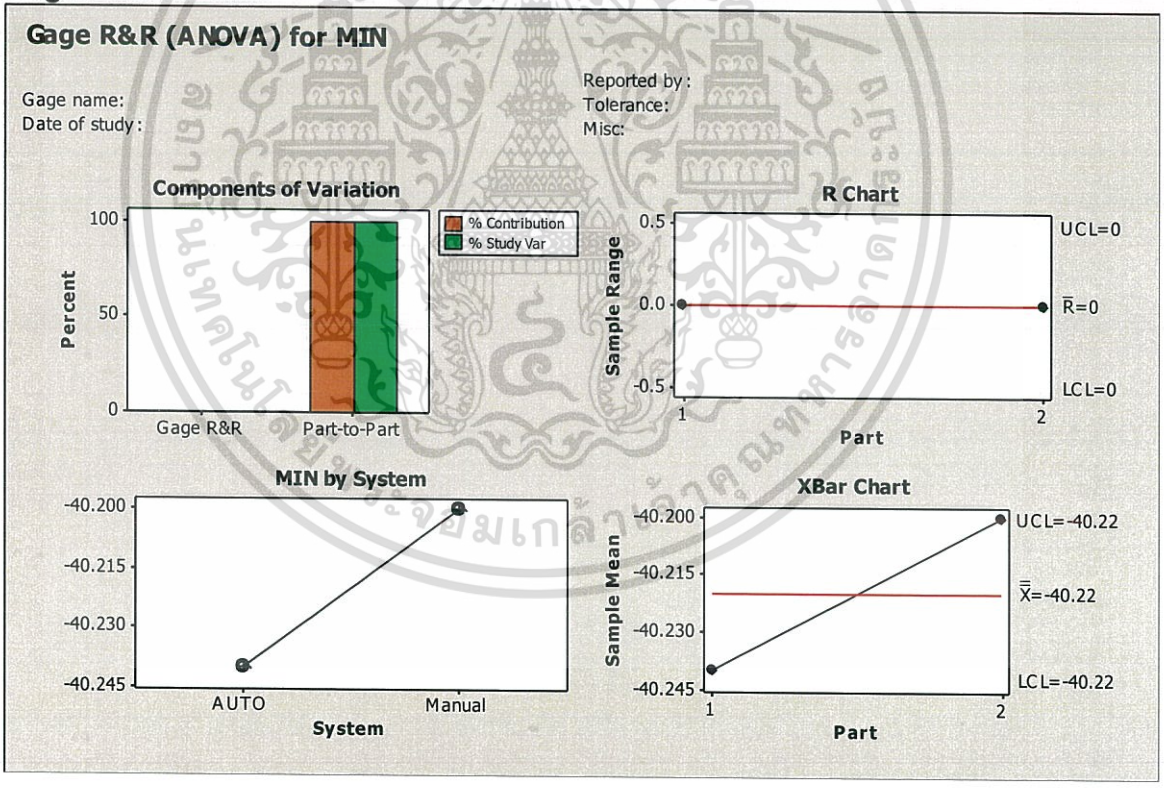
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000	0.00
Repeatability	0.0000	0.00
Part-To-Part	0.0008	100.00
Total Variation	0.0008	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0000000	0.000000	0.00
Repeatability	0.0000000	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.0282843	0.169706	100.00
Total Variation	0.0282843	0.169706	100.00

Number of Distinct Categories = *

Gage R&R for MIN



รูปที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์ที่ Minimum ระหว่างระบบ Manual และ Automatic ที่ Pin CANH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปรียบเทียบผลลัพธ์การวัดแบบ Auto และแบบ Manual ของผลิตภัณฑ์ TJA1051 ที่ Pin STB และ CANH

Auto

Pin name	Rating		Site 1		Site 2		Site 3		Site 4		Site 5		Site 6	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
STB	15	-3	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.6
CANH	50	-50	41.6	-41	41.6	-41	41.6	-42	41.6	-41	41.6	-41	41.6	-42

Manual

Pin name	Rating		Site 1		Site 2		Site 3		Site 4		Site 5		Site 6	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
STB	15	-3	14.4	-1.8	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.6	14.4	-1.8	14.4	-1.6
CANH	50	-50	41.6	-42	41.6	-41	41.6	-42	41.6	-41	41.6	-41	42.4	-42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Pin	3	40867.6	13622.5	6811265	0.000
System	1	0.0	0.0	1	0.495
Pin * System	3	0.0	0.0	*	*
Repeatability	40	0.0	0.0		
Total	47	40867.6			

Alpha to remove interaction term = 0.25

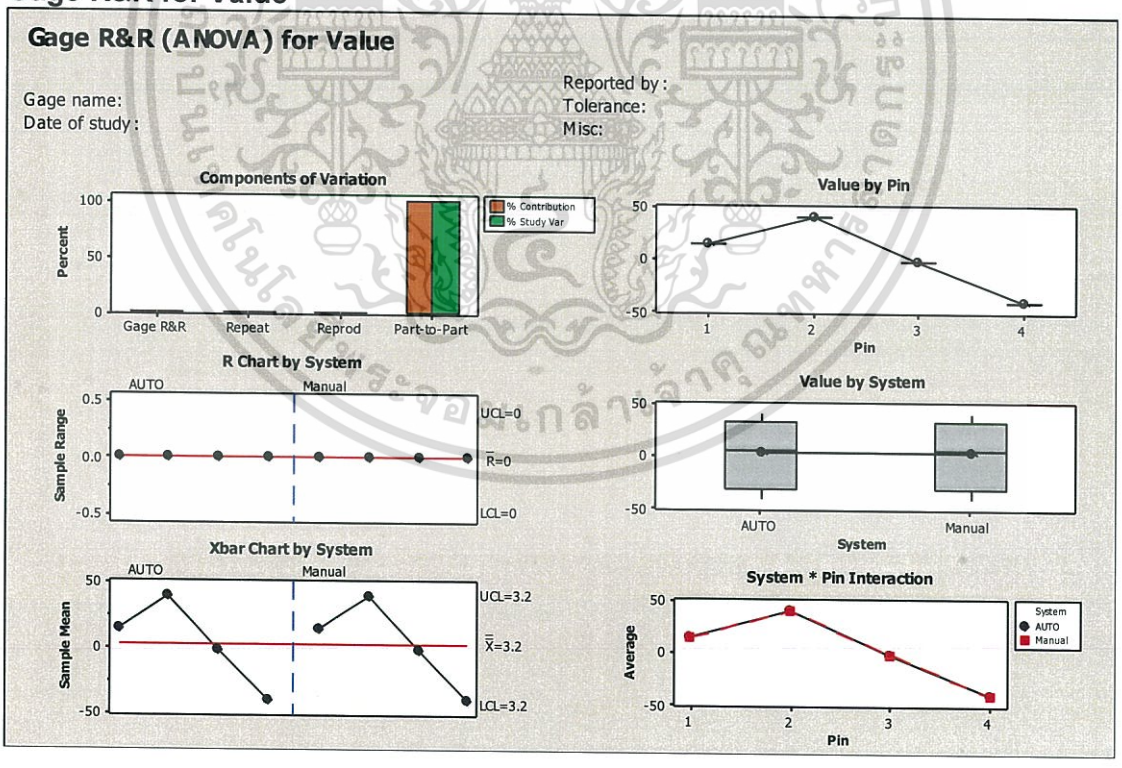
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.00	0.00
Repeatability	0.00	0.00
Reproducibility	0.00	0.00
System	0.00	0.00
System*Pin	0.00	0.00
Part-To-Part	1135.21	100.00
Total Variation	1135.21	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0183	0.110	0.05
Repeatability	0.0000	0.000	0.00
Reproducibility	0.0183	0.110	0.05
System	0.0000	0.000	0.00
System*Pin	0.0183	0.110	0.05
Part-To-Part	33.6929	202.157	100.00
Total Variation	33.6929	202.157	100.00

Number of Distinct Categories = 2602

Gage R&R for Value



รูปที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบแรงดันสไปก์โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานออกแบบเครื่องมือวัดแรงดันสไปก์แบบอัตโนมัตินั้น สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สามารถใช้วัดค่าได้จริง และมีการทดสอบความเที่ยงตรงแล้ว โดยทดสอบกับผลิตภัณฑ์ TJA1051 มีค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลระหว่าง แบบ Manual กับ แบบ Automatic เท่ากับ 0.05% เครื่องมือวัดแรงดันสไปก์นี้สามารถช่วยประหยัดเวลาของวิศวกรในการตรวจสอบแรงดันสไปก์ลงไปได้อย่างมาก

โครงงานนี้ได้นำไปใช้ตรวจสอบแรงดันสไปก์ได้จริงในปัจจุบัน และที่สำคัญอีกอย่างที่ทำให้โครงงานนี้มีประโยชน์อย่างมากกับวิศวกร คือ สามารถให้ผู้ช่วยวิศวกร (Engineering Assistance) รับผิดชอบในส่วนของการตรวจสอบแรงดันสไปก์แทนวิศวกรได้ ปกติแล้วการตรวจสอบแรงดันสไปก์จะใช้เวลาประมาณ 3 ชม ถึง 1 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับจำนวน Site, Pin และ Test time ของชิ้นงาน

ดังนั้นเวลาในส่วนนี้วิศวกรสามารถนำไปใช้รับผิดชอบงานอื่นๆได้ กล่าวได้ว่าวิศวกรทำงานได้มากขึ้นที่เวลาเท่าเดิม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อบริษัท และวิศวกร

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัด ผู้สร้างควรศึกษาการวัดที่ถูกต้องและการหาข้อมูลที่เชื่อถือได้อย่างมากมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อระบบของงานเกิดขึ้นและนอกจากนี้โครงงานนี้ยังใช้ความรู้ทางด้านการเขียน VBA เป็นอย่างมาก ประมาน 90% ของงานทั้งหมด

ผู้ศึกษาควรศึกษาและฝึกฝนการเขียน VBA เป็นอย่างดีมากๆ เสียก่อนที่จะดำเนินงาน ซึ่งและทำให้ลดเวลาในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ดุสิต กอปรรักชาติ. **Advance Excel ฉบับเขียนโปรแกรมด้วย Macro & VBA.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น, 2556.

[2] **เจ้าของร้าน. 2556.** Arduino คืออะไร. [Online].
Available: http//www.thaieasyelec.com/. เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2559.

[3] **วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2558.** รีเลย์, ทรานซิสเตอร์, ไดโอด, ภาษาซี, วงจรรวม. [Online].
Available: https://th.wikipedia.org/wiki/. เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2559.

[4] **khunnat. 2551.** แรงดันสไปก์. [Online].
Available: http://www.thaigoodview.com/node/17198. เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2559.

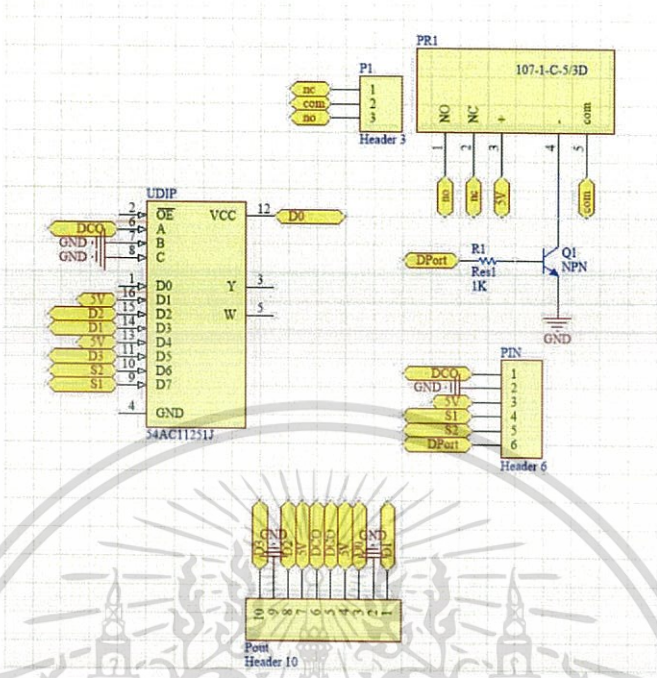
[5] **EE kku. 2558.** ออสซิลโลสโคป. [Online].
Available: eestaff.kku.ac.th/. เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

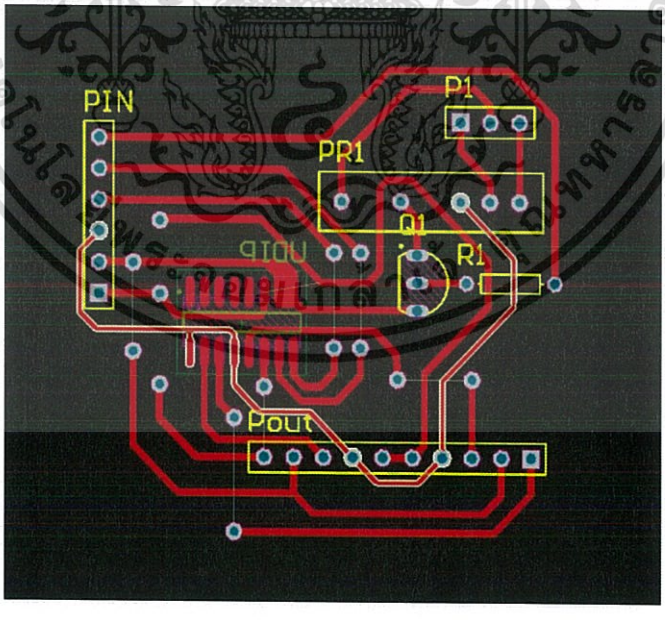
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic (Relay Circuit)

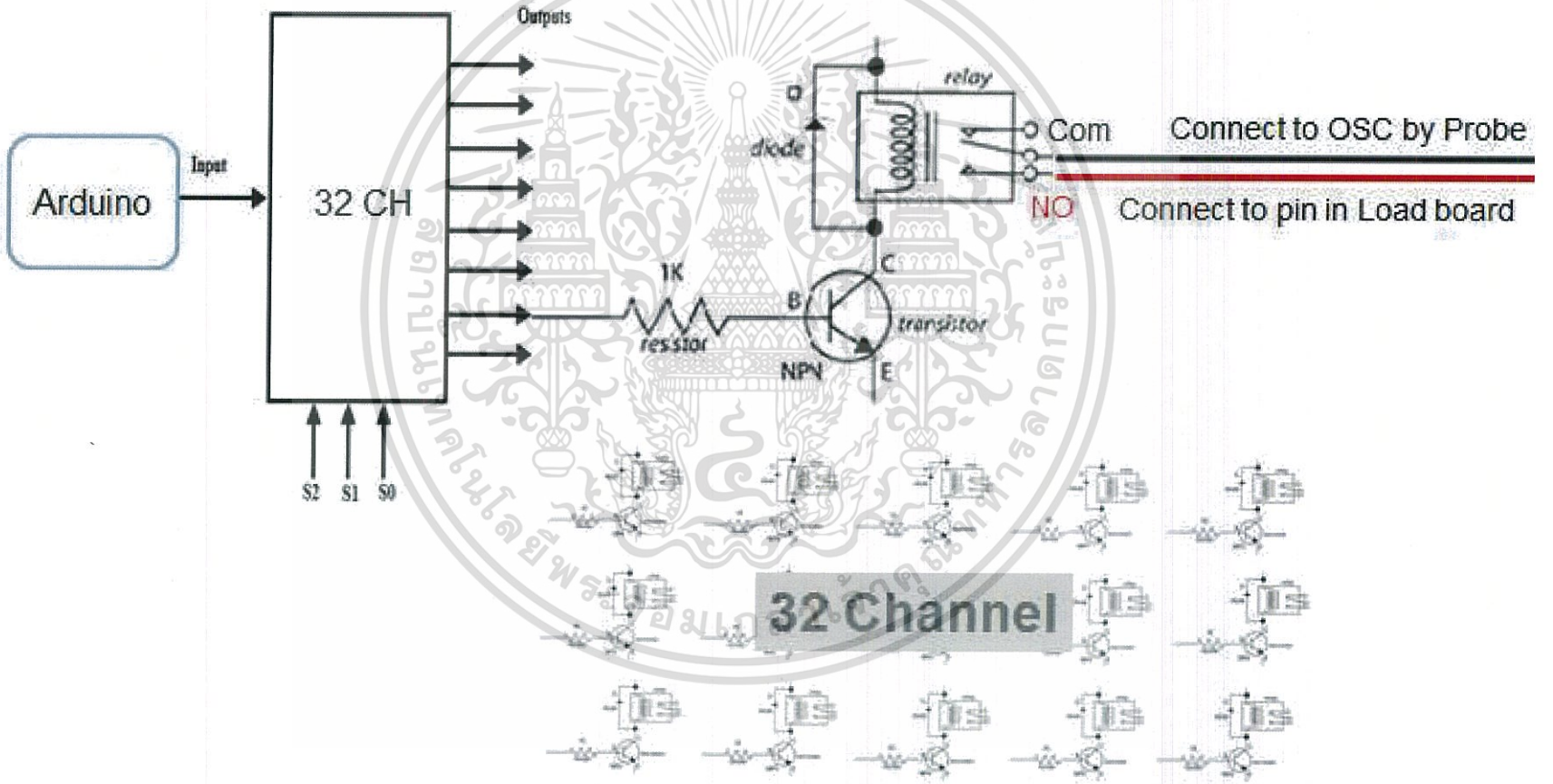


PCB (Relay Circuit)

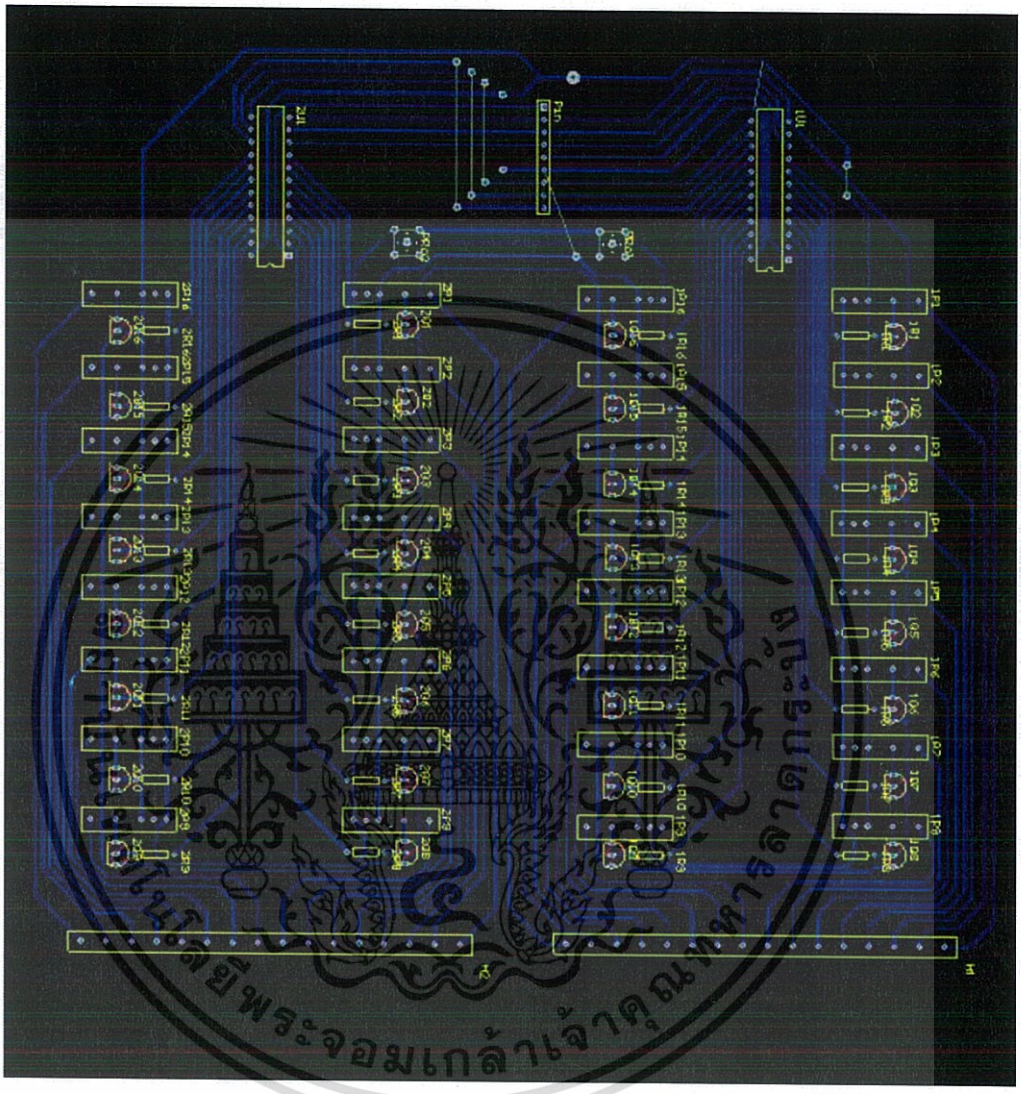


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multiplexer circuit



PCB (Multiplexer Circuit)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายกันต์ทสรณ์ แย้มศรี

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 3 พฤษภาคม 2538

สถานที่เกิด สมุทรปราการ

ประวัติการศึกษา

- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนลาซาล
- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนลาซาล
- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ
- ระดับอุดมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

89/86 หมู่ที่ 7 ต.บางเมือง อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้