ปีการศึกษา 2532

เครื่องตรวจข้อสอบกึ่งอัตโนมัติ

โดย

นายสมเกียรติ กลิ่นหอม

นายสมชัย นวนศรี

นายอุดม เลือดอนกลอย

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายธนิตย์ ตรีสุวรรณวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

เรื่อง เครื่องตรวจข้อสอบกึ่งอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายสมเกียรติ กลิ่นหอม

2. นายสมชัย นวนศรี

3. นายอุดม เลือดอนกลอย

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายชินทย์ ศรีสุวรรณวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายชินทย์ ศรีสุวรรณวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายชินทย์ ศรีสุวรรณวัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026960

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เขียนเกี่ยวกับรายละเอียดเครื่องตรวจข้อสอบกึ่งอัตโนมัติ ที่ผลิตขึ้นตามวัตถุประสงค์ โดยยึดเอาความประหยัดและความสดวกในการใช้งานเบื้องต้น ซึ่งการออกแบบวงจรได้มีการนำเอาทฤษฎีของวงจรเปรียบเทียบมาใช้ในการออกแบบ ดังนั้นเสถียรภาพในการทำงานของเครื่อง จึงนับได้ว่ามีความแม่นยำและรวดเร็ว ข้อมูลที่เขียนในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นถึงลักษณะการใช้งาน การออกแบบวงจร และการทำงานของวงจร ซึ่งคำอธิบายส่วนมากจะมีเหตุผลอยู่ด้วย และส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์คือระบบของการติดต่อของเครื่องตรวจข้อสอบกึ่งอัตโนมัติสามารถที่จะนำไปใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบอนุกรม ซึ่งรายละเอียดได้เสนอแนะไว้เป็นเบื้องต้น ในส่วนของปริญญานิพนธ์นี้ด้วย

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่2	ทฤษฎีและหลักการทำงาน	3
บทที่3	วิธีดำเนินการสร้าง	12
บทที่4	การทดลอง	15
บทที่5	วิจารณ์และสรุปผล	17
ภาคผนวก		18
กิตติกรรมประกาศ		21
หนังสืออ้างอิง		22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เครื่องตรวจข้อสอบปรนัยกึ่งอัตโนมัตินี้ คณะผู้จัดทำการวิจัย ได้พยายามทำจนกระทั่งประสบผลสำเร็จ เนื่องจากผลงานชิ้นนี้ จะให้ประโยชน์ต่อวงการการศึกษาอย่างมาก กอปรกับคณะผู้จัดทำเป็นครู-อาจารย์ประจำสถานศึกษาด้วย อันเป็นผลให้มองเห็นถึงความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากข้อสอบที่ใช้สอบนั้น จะเป็นแบบอัตนัยและปรนัย สำหรับข้อสอบแบบอัตนัยนั้น เป็นปัญหาอยู่มาก ในการตัดสินใจถึงการให้คะแนน เพราะในบางกรณี เราไม่สามารถตรวจข้อสอบได้ว่า ถูกหรือผิดมากน้อยเพียงใด แต่ถ้าเป็นข้อสอบแบบปรนัยแล้ว การตรวจให้คะแนนก็ทำได้ง่าย และเป็นลักษณะของข้อสอบที่ดี ให้ความยุติธรรมถึงคะแนนที่จะได้รับด้วย

แนวความคิดของคณะผู้จัดทำนั้น ได้จากวารสารอีเลคทรอนิคส์ เวิลด์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 84 ประจำเดือนมีนาคม 2527 โดยได้ปรับปรุงและออกแบบ ให้ใช้ประโยชน์ได้ดี โดยยึดหลักการประหยัดค่าวายจ่ายไว้ก่อน แต่ให้คุณภาพที่ดี เพราะงบประมาณในการทำครั้งแรกนี้มีน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานในครั้งนี้ จะต้องทำกันต่อไปอีกเรื่อย ๆ จนสามารถต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro-computer) ได้ เพื่อให้ทำงานร่วมกัน และทันกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้วย แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ในการดำเนินงานครั้งนี้ ก็มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องกลอยู่มาก เพราะคณะผู้จัดทำ ไม่เคยมีประสบการณ์ทางด้านเครื่องกลมาก่อน จึงใช้เวลาในการไปศึกษาทางด้านเครื่องกลอย่างมาก จนสามารถพอรู้บ้าง ก็เลยสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมา เพื่อจะเป็นแนวความคิดของเครื่องตรวจข้อสอบปรนัยกึ่งอัตโนมัติรุ่นต่อไป เมื่อมีการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

สำหรับวงจรไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์นั้น ได้ทำการทดลองแล้วไม่มีปัญหา เนื่องจากคณะผู้จัดทำ ได้ทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์อยู่แล้ว นอกจากจะทำให้วงจรนี้มีประสิทธิภาพให้สูงขึ้นไปอีก ในรุ่นต่อ ๆ ไป โดยที่คณะผู้จัดทำได้วางแผนการดำเนินงานต่อไป เพื่อที่จะทำให้วงจรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเครื่องตรวจข้อสอบปรนัยกึ่งอัตโนมัตินี้ จะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้หลักการเปรียบเทียบของคำตอบและคำเฉลย โดยการนำแผ่นเฉลยไปวางไว้บนแผ่นกระจกใส โดยใช้แสงแอลอีดี (LED) ส่องผ่านจากด้านล่าง และตัวรับจะอยู่ที่ฝาด้านบน ในรุ่นนี้ใช้ตัวเลือกแบบ 4 ตัวเลือก โดยกระดาษที่ใช้จะระบายลงไปให้ทึบ ด้วยปากกาหรือดินสอ (กรณีดินสอจะระบายง่ายกว่า) เมื่อข้อใดถูกระบายลงไป แสงจากแอลอีดี ก็ไม่สามารถส่งผ่านไปยังตัวรับได้ ทำให้เอ๊าท์พุทเป็น "1" แล้วนำไปเปรียบเทียบกับคำตอบของนักศึกษา ซึ่งนำมาวางคู่กัน และใช้แสงแอลอีดีส่งผ่านเช่นเดียวกัน ถ้าระบายคำตอบที่ตรงกัน แสงจากแอลอีดีก็ไม่สามารถส่งผ่านไปยังตัวรับได้ ทำให้เอ๊าท์พุทที่ได้เป็น "1" เช่นเดียวกัน แล้วนำเอาเอ๊าท์พุททั้งสองไปเปรียบเทียบกัน คือถ้าให้สัญญาณเอ๊าท์พุทที่ได้เป็น "1" เหมือนกัน แสดงว่าคำตอบของนักศึกษาตรงกับคำเฉลย ก็จะนับคะแนนให้ 1 คะแนน แล้วเลื่อนไปตรวจข้อต่อไปตามลำดับจนเสร็จ ถ้าตรงกันก็จะเพิ่มคะแนนให้เป็น 2,3,4,...จนกระทั่งตรวจเสร็จ แต่ถ้ากรณีไม่ตรงกันแล้ว วงจรเปรียบเทียบจะไม่ให้เอ๊าท์พุทออกมา ก็หมายถึงจะไม่มีการนับคะแนนให้ โดยคะแนนที่ได้ ก็จะไปแสดงผลบนตัวเลข เมื่อตรวจเสร็จแล้วแต่ละแผ่น ก็จะเขียนคะแนนของนักศึกษาลงไปในแผ่นคำตอบ ตามตัวเลขที่แสดงบนแผงตัวเลขนั้น เสร็จแล้วเราก็เปลี่ยนแผ่นกระดาษคำตอบแผ่นใหม่เข้าไป ทำในลักษณะเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งเสร็จ ส่วนแผ่นเฉลยนั้น เราใช้แผ่นเดียวกับกระดาษคำตอบได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

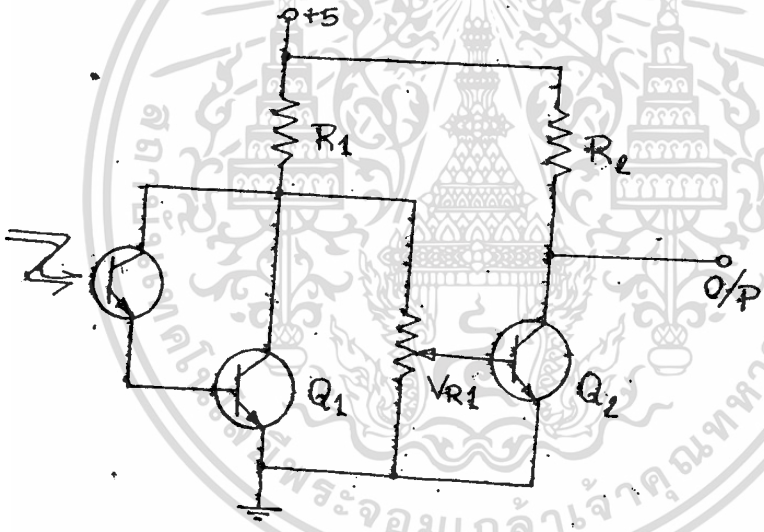
บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการทำงาน

เครื่องตรวจข้อสอบปรนัยกึ่งอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ภาคใหญ่ ๆ คือ

2.1 ภาคอิเล็กทรอนิกส์ เป็นภาคที่ทำงานเกี่ยวกับ ไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย

2.1.1 โฟโตเซนเซอร์ (Photo Sensor) ส่วนนี้มีทั้งหมด 8 ชุด ด้วยกัน คือ 4 ชุดแรกสำหรับแผ่นเฉลย และอีก 4 ชุดสำหรับแผ่นคำตอบ เพื่อจะนำเอาเอ้าท์พุทของแผ่นเฉลย และแผ่นคำตอบมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งลักษณะการทำงานจะเหมือนกันทั้ง 8 ชุด



วงจรโฟโตเซนเซอร์

วงจรที่แสดงดังรูป ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ (Transistor) จำนวน 2 ตัว และโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) เป็นตัวรับแสงอีก 1 ตัว โดยใช้แอลอีดีเป็นตัวกำเนิดแสง เนื่องจากแอลอีดีใช้ไฟตรง ไม่มีความถี่ไปรบกวนโฟโตทรานซิสเตอร์ได้ แสงของแอลอีดีจะต้องยิงผ่านทะลุกระดาษได้ดี และเมื่อมีการระบายด้วยสีทึบแล้ว แสงแอลอีดีจะผ่านไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

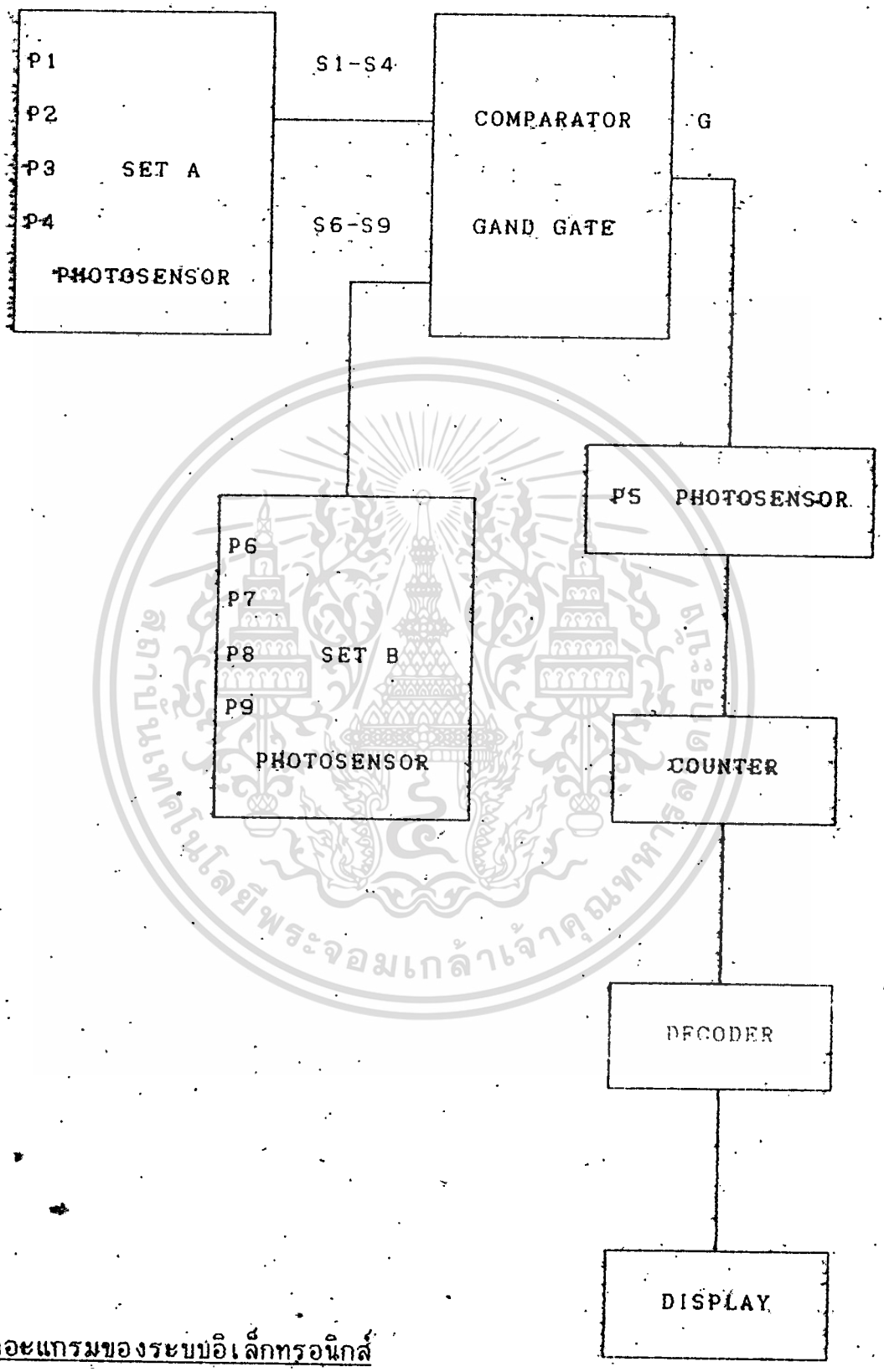
กรณีที่แสงแอลอีดีผ่านไปได้ โฟโตทรานซิสเตอร์จะได้รับการไบอัสแรงไฟบวกไหลผ่านตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม ผ่านรอยต่อคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปยังอิมิเตอร์ (Emitter) ของโฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้ขาเบส (Base) ของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) ทำงาน มีแรงดันตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์ กับขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 มีค่าน้อยมาก คือมีค่าประมาณ 0-0.7 โวลท์ เป็นผลให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (Q2) ไม่มีแรงไฟไปไบอัสขาเบส ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ไม่ทำงานเป็นผลทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 มีแรงดันตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาอิมิเตอร์สูงมาก หรือประมาณเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งมีค่าประมาณ 5 โวลท์ เราจึงได้แรงดันเอ้าท์พุท ซึ่งเทียบกับสัญญาณดิจิตอล (Digital) เท่ากับ "1"

และกรณีที่แสงแอลอีดีผ่านไปได้ โฟโตทรานซิสเตอร์ก็เปรียบเสมือนได้รับแรงไฟย้อนกลับ ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) ไม่มีแรงไฟไบอัสจึงไม่สามารถทำงานได้ แรงดันตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์ กับขาอิมิเตอร์มีค่าสูงมาก หรือประมาณเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ ประมาณ 5 โวลท์ ซึ่งเทียบแล้วเป็นแหล่งจ่าย พอที่จะจ่ายแรงดันไบอัสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ได้ ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 ทำงาน เป็นผลให้แรงดันระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับอิมิเตอร์ต่ำลง หรือมีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.7 โวลท์ ดังนั้นสัญญาณเอ้าท์พุทที่ได้จึงเปรียบเสมือน "0" ซึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเท่ากับ "0"

วงจรสมิททริกเกอร์ (Schmitt Trigger) เป็นวงจรหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ปรับสัญญาณอนาล็อก (Analog) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ในวงจรนี้เราใช้ไอซีสำเร็จรูปที่เราเรียกว่า ไอซีสมิททริกเกอร์ เบอร์ 7414 ซึ่งจะให้เอ้าท์พุทมีค่าแรงดันได้เพียงลอจิก "0" หรือ "1" เท่านั้น ซึ่งถ้าทางด้านอินพุทมีค่าสูงหรือเป็นบวก เอ้าท์พุทจะมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้าอินพุทมีค่าต่ำหรือเป็นลบ เอ้าท์พุทก็จะมีค่าเป็นลอจิก "1"

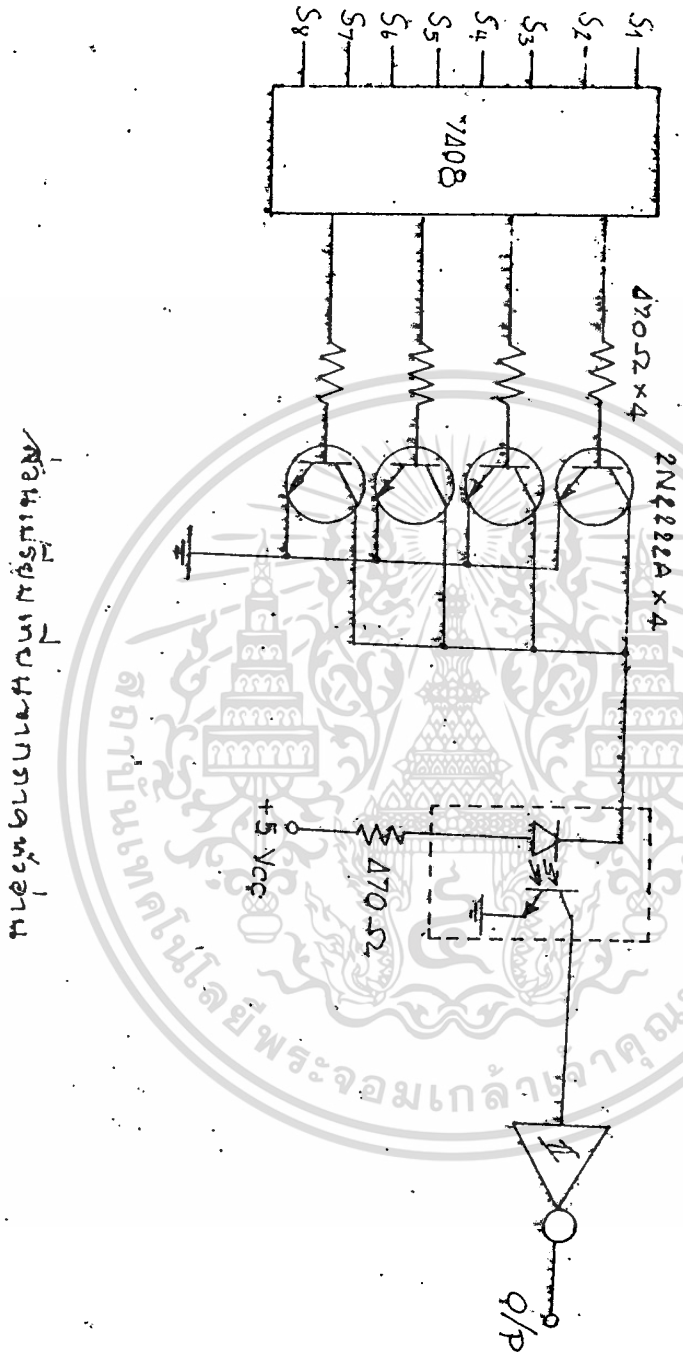
ในการใช้งานของวงจรสมิททริกเกอร์นี้ ก็เพื่อให้ได้สัญญาณดิจิตอลที่มีเพียง 2 ระดับเท่านั้น เพื่อจะได้นำไปเข้าวงจรเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

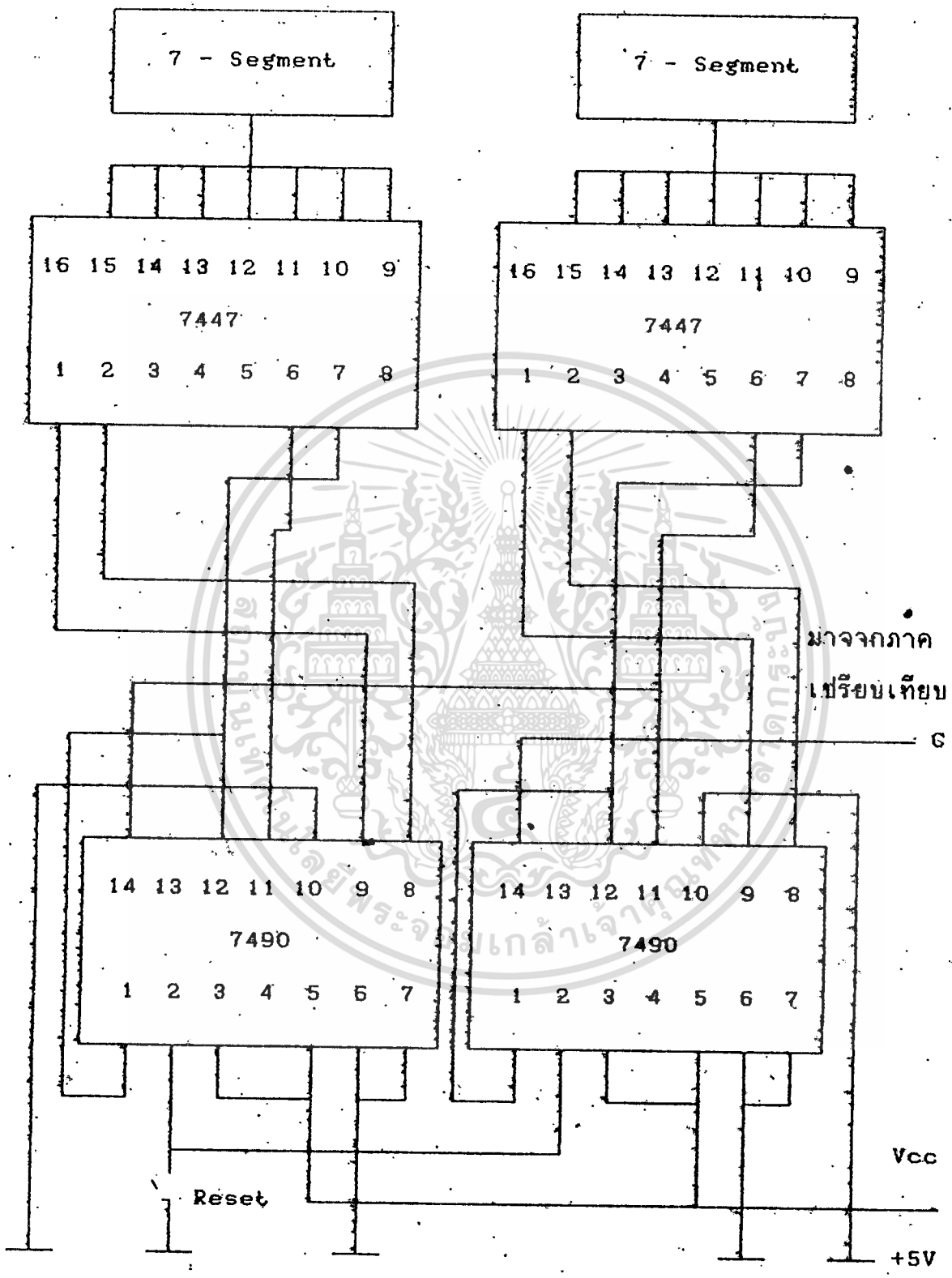


<u>บล๊อคไดอะแกรมของระบบอิเล็กทรอนิกส์</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



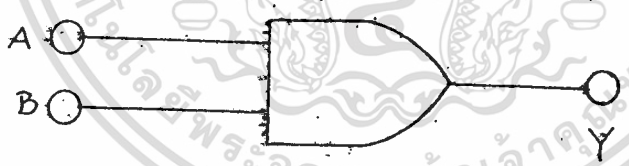
รูปแสดงรายละเอียดวงจรนับและแสดงผลตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 <u>วงจรเปรียบเทียบ</u> (Comperator) หน้าที่ของวงจรเปรียบเทียบก็คือ การนำสัญญาณ 2 สัญญาณมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งวงจรเปรียบเทียบก็มีหลายแบบ อาจจะใช้ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ หรือไอซีสำเร็จรูปก็ได้ ซึ่งในลักษณะการทำงานจะแตกต่างกันออกไป

เครื่องตรวจข้อสอบอัตโนมัตินี้ เราเลือกใช้วงจรเกทเป็นวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งสัญญาณที่ได้จากภาคโฟโตเซนเซอร์ และผ่านวงจรสมิททริกเกอร์ ซึ่งมีค่า "0" กับ "1" แล้วนั้น เรานำมาเปรียบเทียบกันโดยใช้หลักการที่ว่า เมื่ออินพุทเหมือนกัน เราให้เอ๊าท์พุทเป็น "1" หมายถึงได้ 1 คะแนน แต่ถ้าอินพุทต่างกัน เราก็ให้เอ๊าท์พุทเป็น "0" ก็หมายถึงไม่ได้คะแนน ซึ่งเอ๊าท์พุทที่ได้นี้ จะนำไปให้คะแนนในภาคถัดไป

เกทที่ทำงานในลักษณะเช่นนี้ได้แก่ แอนเกท (AND gate) ซึ่งจะเปรียบเทียบสัญญาณที่เข้ามา ถ้าเหมือนกันก็จะให้ระดับลอจิกเป็น "1"



Input	output
อินพุท	เอ๊าท์พุท

สัญญลักษณ์ของแอนเกท

(AND gate symbol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท		เอ้าท์พุท
A	B	
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ตารางทางตรรกของแอนเกท

จากรูปเป็นสัญญลักษณ์ของแอนเกท 2 อินพุท คืออินพุท A และ B ซึ่งมีลักษณะการทำงานตามตารางความจริงดังนี้

1. เมื่ออินพุท A = 0, B = 0 จะทำให้เอ้าท์พุทเท่ากับ "0"
2. เมื่ออินพุท A = 0, B = 1 จะทำให้เอ้าท์พุทเท่ากับ "0"
3. เมื่ออินพุท A = 1, B = 0 จะทำให้เอ้าท์พุทเท่ากับ "0"

และ 4. เมื่ออินพุท A = 1, B = 1 จะทำให้เอ้าท์พุทเท่ากับ "1" เท่านั้น

เพราะฉนั้นจะเห็นว่า ทั้งอินพุท A และอินพุท B ต้องอยู่ในสภาวะเท่ากันคือ "1" จึงจะเปรียบเทียบอ่านค่าออกมาเป็นลอจิก "1" ได้

สัญญาณที่ได้จากเอ้าท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ แอนเกทแต่ละชุด จำนวน 4 ชุด จะนำไปขยายโดยทรานซิสเตอร์จำนวน 4 ตัว เพื่อให้ได้สัญญาณที่เป็นจริง คือเป็นตัวบัฟเฟอร์ (Buffer) อีกชุดหนึ่ง เมื่อชุดใดชุดหนึ่ง มีค่าตรงกันคือ เอ้าท์พุทจากแอนเกทเป็น "1" ทรานซิสเตอร์ตัวนั้น ๆ ก็จะทำงาน เอ้าท์พุททุกตัวจะต่ออยู่กับ ออปโตคับเปอร์ (Opto Coupper) เพื่อแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 2 ระดับอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะต่อไปยังวงจรนับให้คะแนนในภาคถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

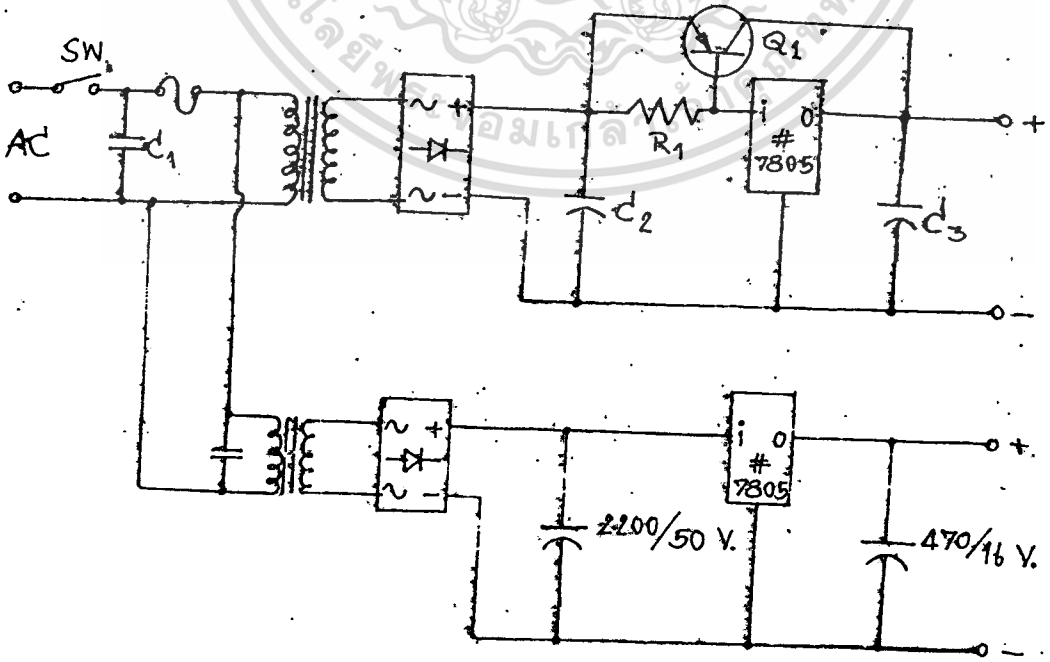
026960

2.1.3 วงจรนับ (Counter) สัญญาณที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบ ที่ผ่านออปโตคับเปอร์มาแล้วนั้น จะต่อเข้าวงจรนับ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7490 สองตัว เพื่อนับ 2 หลัก

2.1.4 วงจรแสดงผล (Display) เป็นสัญญาณที่ได้จากวงจรนับของไอซีเบอร์ 7490 ซึ่งจะให้สัญญาณเป็น BCD เราจึงนำไปเข้าวงจรถอดรหัส เพื่อจะนำไปแสดงผลออกที่แผงตัวเลข 7 ส่วน (LED 7 Segment) 2 หลัก เพื่อให้แสดงเป็นตัวเลขออกมา ซึ่งตัวเลขที่แสดงออกมาคือ คะแนนที่เราได้รับนั่นเอง

2.1.5 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวอ่าน การเคลื่อนที่ของหัวอ่านใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ ในการเคลื่อนที่แบบเดินหน้า และถอยหลังได้ ให้ความเร็วขึ้นอยู่กับคล็อก (Clock) เราสามารถปรับความเร็วได้ตามต้องการ

2.1.6 ภาคจ่ายไฟ (Power Supply) ภาคจ่ายไฟแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยแยกจ่ายให้ภาคควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวอ่านชุดหนึ่ง เนื่องจากถ้าใช้ร่วมกัน จะมีผลทำให้เกิดการรบกวนวงจรนับได้ ภาคจ่ายไฟนี้ เราใช้เรคกูเลเตอร์ (Recgulator) 5 โวลท์ เท่ากันทั้ง 2 ชุด แต่ชุดที่จ่ายให้กับวงจรนับ จะเพิ่มทรานซิสเตอร์ เบอร์ MJ 2955 ขึ้นมา เพื่อขยายกระแสให้เพียงพอแก่วงจร เนื่องจากวงจรที่ใช้ กินกระแสมาก เพราะเป็นไอซี ทีทีแอล (TTL) ทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ภาคเครื่องกล

ภาคนี้จะอาศัยราง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับรางรถไฟ ในการเคลื่อนที่ของชุดหัวอ่านนี้ รางที่ทำใช้ไม้เพื่อลดการลื่น และเกิดเสียงดังทำให้การเดินของหัวอ่านเงียบ

สำหรับส่วนเคลื่อนที่ใช้ล้ออลูมิเนียมกลึงเหมือนกับล้อรถไฟ เพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงยิ่งขึ้น จึงใช้ล้อทั้งหมด 4 ล้อ ติดกับโครงเหล็ก โดยใช้เพลาและตลับลูกปืนอย่างดี กับการเคลื่อนที่ที่ดีขึ้น

โครงเหล็กได้ติดยึดไว้กับมอเตอร์ ในการทำให้ชุดหัวอ่านเคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติ มีสายพานดึงให้ชุดหัวอ่านทั้งหมด เคลื่อนที่ไปบนราง เพื่อที่จะให้หัวอ่านตรวจข้อสอบได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการสร้าง

3.1 การวางแผนโครงงาน

เมื่อคณะผู้จัดทำโครงการ ได้ปรึกษาและตกลงกันแล้วว่า จะทำเครื่องตรวจข้อสอบปรนัยกึ่งอัตโนมัติ ต่อจากนั้นก็จะวางแผนที่จะดำเนินการ ซึ่งสามารถแยกลำดับขั้นออกเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาออกแบบเครื่องว่าจะออกแบบอย่างไร ใช้วัสดุอะไรบ้าง พร้อมทั้งสอบถามราคา

3.1.2 ศึกษาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น และถ้าปัญหานั้นเกิดขึ้น สามารถแก้ไขได้

3.1.3 รวบรวมข้อมูลและผลที่คาดว่าจะได้รับ นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา

3.1.4 จัดหาและจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ ที่ต้องใช้ไว้ให้พร้อม ทั้งทางด้านเครื่องกล และทางอิเล็กทรอนิกส์

3.1.5 สร้างโครงเครื่องตามแบบที่ทำไว้ และเขียนแบบลายปริ้นท์เพื่อที่จะนำไปกัดกรดให้เรียบร้อย

3.1.6 ประกอบภาคอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำการทดลอง

3.1.7 ประกอบภาคเครื่องกล แล้วทำการทดลอง

3.1.8 นำภาคอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกลมาประกอบเข้าด้วยกัน

3.1.9 ตรวจสอบ และทดลอง เพื่อที่จะแก้ไขปรับปรุง ให้เครื่องนั้นสามารถทำงานได้ตามต้องการ

3.1.10 เมื่อเครื่องทำงานได้ตามต้องการแล้ว ก็ทำการถอดออกเพื่อพ่นสี จากนั้นก็ประกอบเข้าไปใหม่

3.1.11 ทำการตรวจสอบระบบการทำงานอีกครั้งหนึ่ง

3.1.12 สรุปผลที่ได้ดำเนินการทั้งหมด และข้อเสนอแนะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมการเพื่อผลิต

เมื่อวางแผนการดำเนินงานเสร็จแล้ว ขั้นต่อไปคือขั้นเตรียมการผลิต ซึ่งพอจะแยกออกเป็นลำดับได้ดังนี้

3.2.1 แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบว่าใครจะทำอะไร แต่ในการทำงานนั้น ต้องประสานงานกันตลอดเวลา

3.2.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งทางอิเล็กทรอนิกส์ และทางเครื่องกล

3.2.3 สำหรับทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น ก็เขียนแบบลายปริ้นท์ไว้ เพื่อจะนำไปกัดกรด

3.3 การดำเนินการผลิต

หลังจากวางแผนงานและเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้พร้อมแล้ว จากนั้นก็เริ่มลงมือสร้างได้ ในการสร้างนั้นแบ่งออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคอิเล็กทรอนิกส์ และภาคเครื่องกล ซึ่งรายละเอียดของการสร้างมีดังต่อไปนี้

ภาคอิเล็กทรอนิกส์

1. เขียนแบบลายปริ้นท์ลงบนกระดาษไข แล้วนำไปทำสกรีน
2. นำสกรีนนั้น มาสกรีนลงบนแผ่นทองแดงที่เตรียมไว้
3. นำแผ่นทองแดงที่สกรีนแล้วไปกัดกรด และเจาะรูใส่อุปกรณ์
4. ลงอุปกรณ์ไปบนแผ่นปริ้นท์ หรือวงจรพิมพ์ให้ถูกต้อง แล้วบัดกรีให้แน่นหนา
5. ทำการทดลอง การทำงานของวงจร เพื่อให้ถูกต้อง
6. นำไปประกอบเข้ากับควานเลื่อน และต่อสายไฟหรือเดินสายให้ครบวงจร
7. ใส่แผ่นกระจกพร้อมทั้งออกแบบตำแหน่งยึดกระดาษให้ถูกต้อง
8. ทำการทดลองและสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเครื่องกล

ส่วนที่ใช้ไม้

ตัดไม้อัดขนาด

1. 12" x 19" จำนวน 1 แผ่น

2. 5" x 10" จำนวน 2 แผ่น

3. 2" x 16" จำนวน 2 แผ่น

4. ประกอบเข้าด้วยกัน โดยให้ตั้งฉากและใช้ตะปูเกลียวปล่อย

ส่วนที่ใช้เหล็ก

ตัดเหล็กขนาด

1. $\frac{1}{4}$ นิ้ว ยาว 9 นิ้ว จำนวน 3 เส้น

2. กลิ้งล้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว

3. ติดเพลาทั้งสองข้าง และล้อทั้ง 4

4. ติดมอเตอร์ขนาด 12 โวลท์

5. นำไปเลื่อนในราง ที่ทำขึ้น

6. ใส่สายพาน

นำทั้งสองส่วนมาประกอบ เป็นส่วนเดียวกัน ทำการเลื่อนล้อไปมาตามราง และปรับแต่งให้เลื่อนได้สะดวก แล้วจึงต่อมอเตอร์เพื่อให้การเคลื่อนที่เป็นไปแบบอัตโนมัติ

ส่วนที่ใช้กระจก

1. ตัดกระจกหนา 2 มม. ขนาด 9"x17" จำนวน 1 แผ่น

2. ยึดติดกับรางที่ทำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

จุดประสงค์หลักในการทำงาน ของเครื่องตรวจข้อสอบกึ่งอัตโนมัติคือ ให้ทำการตรวจข้อสอบได้เกือบเป็นอัตโนมัติที่สุดดังนั้นไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ของหัวอ่านแบบอัตโนมัติแล้ว ยังจะทำให้ระบบของกระดาษแผ่นคำตอบ เคลื่อนที่เป็นไปได้อย่างอัตโนมัติ และยิ่งถ้าทำให้ตัวเลขที่แสดงบนจอแอลอีดี ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้ของนักศึกษาแต่ละคน ไปเขียนลงบนกระดาษคำตอบด้วยแล้ว ยิ่งจะทำให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในขั้นถัดไปทางคณะผู้จัดทำ ได้พยายามหาหลักการของหัวอ่านที่ดี นำเอาคะแนนของนักศึกษาแต่ละคนที่ได้ ไปเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่าน RS - 232C เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ร่วมกัน เพื่อลดขั้นตอนการทำงานของบุคคล และเกิดเป็นระบบอัตโนมัติยิ่งขึ้น หลักการออกแบบของกระดาษคำตอบจะต้องมีหมายเลขรหัสข้อมูลในการประมวลผลด้วย และการบอกข้อผิดพลาดด้วย เช่น เราพร้อมที่จะใส่กระดาษคำตอบแผ่นต่อไปหรือไม่ ซึ่งการใช้งานจะสะดวกมาก ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องเครื่องคอมพิวเตอร์มาก่อนก็ได้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.1.2 ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
4.1.3 หัวแร้งแช่ ขนาด 30 วัตต์	1	ตัว
4.1.4 แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ 0-30 โวลท์	1	เครื่อง
4.1.5 สายคีบ	20	เส้น
4.1.6 ชุดเครื่องมือเอ็นจิเนียร์	1	ชุด

4.2 ข้อมูลของการทดลอง

4.2.1 กระดาษคำตอบที่ใช้ในการทดลอง ใช้กระดาษไข เพราะกระดาษนี้ทำให้แสงผ่านไปได้ดี เมื่อกระดาษไขทำงานได้ดีแล้ว จึงนำกระดาษโรเนียวมาใช้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.2.2 แรงดันที่ให้กับแอลอีดี จะต้องเป็นแรงดันกระแสตรงที่มีค่าคงที่ เพราะถ้าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันจะทำให้แสงเปลี่ยนแปลง

4.2.3 รูรับแสงของโฟโตเซนเซอร์ จะต้องให้เล็กที่สุดที่จะทำได้และควรตั้งให้ห่างกระดาษ น้อยที่สุด

4.2.4 ความไวของโฟโตทรานซิสเตอร์ เปรียบเทียบทั้งสองข้างต้องปรับความไวให้เท่ากัน โดยใช้มิเตอร์ปรับความไว แล้วเลือกหาค่าที่ให้ความเที่ยงตรงมากที่สุด

4.2.5 การเลื่อนของหัวอ่าน ควรทำให้ช้า ๆ ก่อนไม่ควรเร็วเกินไป

4.2.6 การระบายช่องคำตอบ ควรระบายให้ทึบมาก ๆ ก่อน

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

4.3.1 การทำงานของวงจรภาคเปรียบเทียบ ระหว่างแผ่นคำตอบกับแผ่นเฉลย จะต้องปรับหัวอ่านให้มีค่าเท่ากัน หรือใกล้เคียงมากที่สุด

4.3.2 กระดาษที่ใช้เป็นกระดาษโปร่งแสง

4.3.3 ให้มอเตอร์หมุนช้าที่สุดเนื่องจากการถ่ายทอดสัญญาณอ่านไม่ทัน

4.3.4 เมื่อเพลาสั่นคลอน เป็นเหตุให้เกิดความไม่เที่ยงตรง ในการปรับเปรียบเทียบข้อมูล

4.3.5 การทำงานของเครื่องมีข้อเสีย คือ ในกรณีที่นักศึกษากามจากกว่า 2 ตัวเลือก หรือกาหมดทุกข้อ มันก็จะอ่านด้วย ดังนั้นจึงต้องตรวจดูก่อนว่ามีการกาเกิน 2 ข้อหรือเปล่า ถ้ามีก็ให้หักคะแนนออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากการทดลองดังกล่าว ในตอนต้นที่คณะผู้จัดทำได้คาดการณ์ไว้ว่า ไม่มีปัญหาใด ๆ นั้น จึงเป็นการคาดการณ์ที่ผิดอยู่มาก เนื่องมาจากการศึกษาทางด้านเครื่องกลไม่ดีพอ กอปรกับความรู้ทางด้านเครื่องกลในการติดเพลา ในการเคลื่อนที่ของหัวอ่านเป็นไปได้ยากมาก ยิ่งถ้าทำให้มอเตอร์หมุนเพื่อที่จะให้หัวอ่านเคลื่อนที่อัตโนมัตินั้น การหมุนของมอเตอร์จะไปรบกวนหัวอ่าน ทำให้หัวอ่านผิดพลาดไป จากการทดลองนี้ คณะผู้จัดทำได้นำไปทดลองทำเป็นเครื่องตรวจข้อสอบกากบาท ถูก-ผิด โดยใช้มือเลื่อนใช้ได้ดีมาก ไม่มีปัญหา ทั้งการตรวจทำให้เร็วขึ้น แต่ข้อสอบแบบนี้นิยมใช้กันน้อยมาก

ทั้งนี้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น จึงเป็นปัญหาหนึ่งที่ทางคณะผู้จัดทำจะได้แก้ไขต่อไป และท่านผู้สนใจจะคิดทำโครงการนี้ จึงขอเสนอข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับเครื่อง ดังที่คณะผู้จัดทำได้พบดังต่อไปนี้

5.1.1 การระบายสีไม่เข้มทำให้แสงส่องผ่านไปได้ จึงทำให้การอ่านผิดพลาดไปได้

5.1.2 การวางกระดาษไม่ตรงตามแนวของหัวอ่าน

5.1.3 ราง, ล้อ หรือเพลา อาจเกิดการสั่นคลอนได้

5.2 ข้อเสนอในการแก้ไข

5.2.1 การเลือกใช้หัวอ่าน เช่น แบบการสะท้อน อันได้แก่ออปติคอลเซนเซอร์ (Optical Sensor) จะเป็นการแก้ไขการระบายสีและชนิดของกระดาษ

5.2.2 ศึกษาภาคเครื่องกล กับผู้เชี่ยวชาญเสียก่อน ในการทำให้หัวอ่านเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

รายการอุปกรณ์ที่ใช้

รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ และภาคเครื่องกล

ภาคไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีอยู่หลายส่วนด้วยกันคือ

			จำนวน
ภาคโฟโตเซนเซอร์ (Photo Sensor)			
1. โฟโตทรานซิสเตอร์	เบอร์ ITL 81		10 ตัว
2. ทรานซิสเตอร์	เบอร์ 2N 2222A		20 ตัว
3. ไอ.ซี	เบอร์ 7414		2 ตัว
4. ตัวต้านทานปรับค่าแบบเกือกม้า	4.7	กิโลโอห์ม	10 ตัว
5. ตัวต้านทาน 1/4 W ± 5 %	4.7	กิโลโอห์ม	10 ตัว
6. ตัวต้านทาน 1/4 W ± 5 %	1	กิโลโอห์ม	10 ตัว
7. แอลอีดี (LED)			16 ตัว
ภาคเปรียบเทียบ (Comperator)			
1. ไอ.ซี	เบอร์ 7408		2 ตัว
2. ไอ.ซี	เบอร์ 7400		1 ตัว
ภาคนับ (Counter)			
1. ไอ.ซี	เบอร์ 7490		2 ตัว
ภาค Decoder			
1. ไอ.ซี	เบอร์ 7447		2 ตัว
ภาคแสดงผล (Display)			
1. L.E.D. 7 Segment			2 ตัว
ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)			
1. หม้อแปลง 6 - 0 - 6 V. 500 mA			1 ตัว
2. คอนเด็นเซอร์ 2200 ไมโครฟารัด 16 โวลท์			2 ตัว
3. ไอ.ซี เรกกูเลเตอร์	เบอร์ 7405		1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเครื่องกล (Mechanic)	จำนวน
1. ไม้อัดหนา 8 หุน ขนาด 12" x 19"	1 แผ่น
2. ไม้อัดหนา 8 หุน ขนาด 5" x 10"	2 แผ่น
3. ไม้อัดหนา 8 หุน ขนาด 2" x 16"	2 แผ่น
4. กระจกหนา 2 มม. ขนาด 9" x 17"	1 แผ่น
5. เหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์ 1/4 นิ้ว ยาว 9 นิ้ว	3 เส้น
6. กลิ้งล้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว	4 ล้อ
7. มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลท์ พร้อมหม้อแปลง	1 ชุด
8. สายพาน	1 เส้น

อื่น ๆ เช่น น็อตหัวฝัง, สกรูเกลียวปล่อย, สายไฟอ่อนเล็กเดี่ยว, สายไฟกระแสสลับ, สวิทช์ปิด-เปิด, สวิทช์รีเซท, แผ่นปริ้นท์ และอุปกรณ์ช่วยงานที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย

วิชา_____ แผนก_____

ชื่อ_____รหัส_____ชั้น_____

	ก	ข	ค	ง
1	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐
6	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐
11	☐	☐	☐	☐
12	☐	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☐
14	☐	☐	☐	☐
15	☐	☐	☐	☐
16	☐	☐	☐	☐
17	☐	☐	☐	☐
18	☐	☐	☐	☐
19	☐	☐	☐	☐
20	☐	☐	☐	☐
21	☐	☐	☐	☐
22	☐	☐	☐	☐
23	☐	☐	☐	☐
24	☐	☐	☐	☐
25	☐	☐	☐	☐
26	☐	☐	☐	☐
27	☐	☐	☐	☐
28	☐	☐	☐	☐
29	☐	☐	☐	☐
30	☐	☐	☐	☐
31	☐	☐	☐	☐
32	☐	☐	☐	☐
33	☐	☐	☐	☐
34	☐	☐	☐	☐
35	☐	☐	☐	☐
36	☐	☐	☐	☐
37	☐	☐	☐	☐
38	☐	☐	☐	☐
39	☐	☐	☐	☐
40	☐	☐	☐	☐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนปริญญานิพนธ์นี้ ต้องขอขอบคุณอาจารย์ธนิตย์ ตรีสุวรรณวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานนี้ ที่ให้คำแนะนำ ชี้จุดประสงค์ และคอยให้คำปรึกษาตั้งแต่เริ่มต้นจนจบด้วยดีเสมอมา

และขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ที่ได้ช่วยเหลือการทำปริญญานิพนธ์ ในครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วารสารอีเลคทรอนิคส์ เวิลด์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 84 ประจำเดือนมีนาคม 2527
2. สุชาย ธนวเสถียรและชัยยงค์ วงชัยสุวัฒน์ "หลักการออกแบบวงจรลอจิก" กรุงเทพฯ : บริษัทเอเธียเพรส จำกัด, 2520
3. บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด. "คู่มือเทียบเบอร์ไอซีทีทีแอล" กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อักษรการพิมพ์, 2527
4. บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด. "คู่มือทีทีแอล" กรุงเทพฯ : เกษมการพิมพ์, 2522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้