ปีการศึกษา 2533

เครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ

(AUTOMATIC INCUBATOR)

โดย

นาย จิระพล ล้อธนวิจิตร 32.6102

นาย ดำรงค์ กิ่งแก้ว 32.6106

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

เรื่อง เครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ (AUTOMATIC INCUBATOR)

ผู้จัดทำ

1. นาย จิระพล ล้อธนวิจิตร 32.6102

2. นาย ดำรงค์ กิ่งแก้ว 32.6106

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์)

เลขหมู่ 371.38 ก๓๘
เลขทะเบียน 027971
วัน, เดือน, ปี 18 ก.ค. 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027971

โครงการปริญญานิพนธ์

ชื่อเรื่อง เครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ (AUTOMATIC INCUBATOR)

เสนอโดย

1 นาย จิระพล ล้อชนวิจิตร รหัส 326102

2 นาย ดำรงค์ กิ่งแก้ว รหัส 326106

ที่ปรึกษา

อ.สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์

วัตถุประสงค์

1 เพื่อศึกษาและค้นคว้าออกแบบอุปกรณ์ในการฟักไข่แบบอัตโนมัติ

2 เพื่อที่จะนำเครื่องฟักไข่ ใช้ในการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์ปีก

3 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้งาน ให้เหมาะสมใน ในการใช้งานระดับอุตสาหกรรม

แนวความคิด

ในการเลี้ยงไก่ไข่ เราจะต้องมีตู้ฟักไข่เพื่อที่จะฟักไข่ให้เป็นลูกไก่ไข่ เพื่อที่จะขายให้เกษตรกรหรือจะเอาไว้เลี้ยงเอง ถ้าเราจะให้แม่ไก่ฟักไข่ซึ่งจะเป็นการเสียเวลาที่แม่ไก่สามารถออกไข่ได้อีก เพราะฉนั้นในฟร์ามควรมีตู้ฟักไข่ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น ในการฟักไข่เราจะใช้อุณหภูมิ 35 - 40 องศาเซนเซียส และเวลาในการฟักไข่นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของไข่ เช่นไข่ไก่จะใช่เวลาประมาณ 21 วัน ส่วนไข่ชนิดอื่นก็จะแตกต่างกันไป

ในการควบคุมอุณหภูมินั้นเราจะใช้วงจร pulse width modurate และใช้ขดลวดความร้อนในการให้พลังงานความร้อน โดยการใช้พัดลมเป่าเพื่อที่จะให้อุณหภูมิภายในตู้เท่าๆกันและจะมีอากาศถ่ายเทตลอดเวลา ในตู้ฟักไข่สาธิตที่สร้างขึ้นสามารถบรรจุไข่ไก่ได้อย่างน้อย 100 ฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการค้นคว้าและวิจัย

1 ศึกษาถึงพื้นฐานของเครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ

2 ออกแบบวงจรและสร้างเครื่องต้นแบบ

3 ทดลองการทำงานและวิเคราะห์ผล

คาดว่าผลที่จะได้รับ

1 สามารถนำเครื่องต้นแบบนี้ไปใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัยได้

2 สามารถนำไปใช้กับเกษตรกรที่ประกอบการลักษณะฟาร์มเล็กๆ

3 สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในฟาร์มใหญ่ๆหรือในลักษณะอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ

นาย จิระพล ล้อชนวิจิตร
นาย ดำรงค์ กิ่งแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

เครื่องฟักไข่แบบอัตโนมัติ ก็เป็นการประยุกต์ใช้งานการควบคุมอุณหภูมิในตู้นั้นเอง การทำงานจะแบ่งออกเป็นสองส่วน มีส่วนควบคุมอุณหภูมิ จะใช้ลักษณะการควบคุมความกว้างของพัลซ์ และจะใช้ตัววัดอุณหภูมิเป็นแบบสารกึ่งตัวนำ และอีกส่วนหนึ่งเป็นวงจรลอจิก ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และวงจรฐานเวลาจะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการทำงานของมอเตอร์อีกที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC INCUBATOR

Mr. JIRAPOL LAWTANAWIJIT

Mr. DAMRONG KINGKEAW

Mr. SINGTHONG PATANASETHANON

ADVISOR

1990

ABSTRACT

This thesis present a application of temperature control in the oven. The operation is seperate two part. The first prat is temperature control.It's operate of pluse width modurate and the semiconductor temperature sensor. The second part is logic circuit. It's forward and reverse for motor and the operation of motor will be dependent the time base.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1-1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	
	ปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่	2-1
	ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาฟัก	2-16
	อุปกรณ์ทำความชื้น	2-17
	วิธีการสร้างการมอดูเลทความกว้างพัลซ์	2-22
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	
	ส่วนควบคุมอุณหภูมิ	3-1
	ส่วนควบคุมเวลา	3-7
	ส่วนควบคุมมอเตอร์	3-11
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	4-1
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป	5-1
	กิตติกรรมประกาศ	
	บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในโครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ ช่วงที่อุณหภูมิภายในตู้จะสามารถเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 35 - 40 องศาเซนเซียส แต่เราจะตั้งจุดที่จะควบคุมเท่ากับ 37.7 องศาเซนเซียส จากที่ผ่านมาเราสามารถจำแนกตู้ฟักไข่ได้ตามลักษณะการให้ความร้อนและการควบคุมได้ดังนี้

1 การให้ความร้อนโดยอาศัยหลอดไฟหรือจากตะเกียง โดยอาศัยคนควบคุม

2 การควบคุมความร้อนโดยใช้โลหะคู่(BIMENTAL)

3 การควบความร้อนแบบเชิงเส้น อัตโนมัติ

ในโครงงานนี้จะใช้การควบคุมแบบเชิงเส้น อัตโนมัติ การควบคุมแบบความกว้างของพัซ์ (pulse width modulate)ซึ่งการควบคุมแบบนี้จะสะดวกและการควบคุมแบบนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในตู้จะคงที่ตลอดเวลา และส่วนวัดอุณหภูมิจะใช้ไอซี LM 335 ซึ่งจะเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) จะให้เอาท์พุทออกมา 10mV/°K และยังมีส่วนกำเนิดสัญญาณพัลซ์รีเซ็ต ที่มีความกว้างของพัลซ์เท่ากับ 5.27 us และมีวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย เพื่อที่จะไปเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้จากการวัดอุณหภูมิ ทำให้ได้สัญญาณความกว้างของพัลซ์ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่วัดได้จากตัววัดอุณหภูมิ LM 335 (Temperature Sensor)

ในส่วนของวงจรควบคุม จะเป็นลักษณะวงจรดิจิตอล ที่มีวงจรฐานเวลาเป็นตัวกำหนดการทำงานของวงจรควบคุม โดยการสร้างสัญญาณพัลซ์ทุก ๆ สองชั่วโมง เพื่อเป็นสัญญาณทริกให้มอเตอร์ทำงาน ซึ่งจะทำงานในลักษณะหมุนตามเข็มนาฬิกาจะทำให้ถาดเลื่อนลงและหมุนในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาจะเป็นการเลื่อนถาดลง ดังนั้นเราจะต้องมีวงจรกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และในการกลับไข่และมีวงจรควบคุม ให้หยุดการกลับไข่เมื่อถึงวันที่ 19 ของการฟักไข่ มอเตอร์จะหยุดการทำงาน จนกว่าจะมีการริเซ็ตเครื่องใหม่ ในส่วนของกลไกจะเป็นตู้จำลองที่มีความจุที่จะใส่ไข่ได้จำนวน 100 ฟอง ในการกลับไข่เราจะกลับโดยการยกให้เอียงข้างละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่

การเจริญเติบโตของตัวอ่อนในฟองไข่ จนกระทั่งลูกไก่สามารถฟักออกเป็นตัวได้นั้นจำเป็นจะต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยอย่างเพียงพอและเหมาะสมจึงจะได้ผลดี ในปัจจุบันได้มีการศึกษาสภาพต่างๆ ที่เหมาะสำหรับบการฟักไข่ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีจนอยากจะกล่าวได้ว่าการฟักไข่โดยการใช้เครื่องฟักไข่ที่ทันสมัยในสมัยปัจจุบันนี้สามารถฟักไข่ได้ผลดีกว่าการฟักไข่โดยแม่ไก่ตามธรรมชาติ

ปัจจัยต่างๆ ในตู้ฟักไข่ที่มีความสำคัญในการฟักไข่

1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของการฟักไข่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกของการฟักไข่ ในธรรมชาติจะใช้อุณหภูมิภายในร่างกายของแม่ไก่ ในระยะฟักไข่อุณหภูมิของแม่ไก่จะต่ำกว่าแม่ไก่ปกติเล็กน้อย ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ในตู้ฟักนั้นควรจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่แม่ไก่ฟักเองตามธรรมชาติ

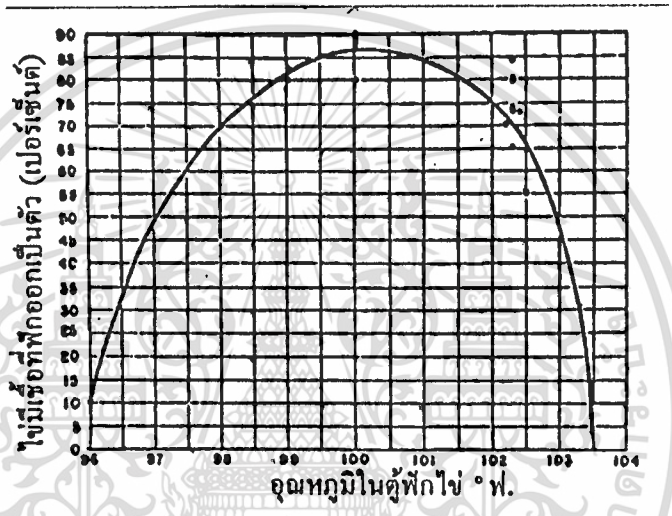
เมื่อนำไข่ที่มีเชื้อเข้าตู้ฟักไข่(incubator) ตัวอ่อนของไก่จะเริ่มแบ่งเซลเจริญขึ้นและจนเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาในการฟักนั้น ถ้าอุณหภูมิในช่วงนี้ไม่เหมาะสมการเจริญของตัวอ่อนก็จะได้รับผลกระทบกระเทือนอย่างมาก ดังนั้นจะต้องรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสมและคงที่ตลอดระยะเวลาฟักไข่จึงจะทำให้การฟักไข่ได้ผลดี โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 95"F-10"F แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่ในช่วงวันที่ 1-18 ของการฟักไข่จะอยู่ระหว่าง 98.6-100 "F และวันที่ 19-21 ตู้เกิด (hatcher)ควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 97-99 "F ถ้าอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่และตู้เกิดสูงกว่าหรือต่ำกว่านี้ จะทำให้การฟักออกเป็นตัว ของลูกไก่ไม่ดีเท่าที่ควรหรืออาจจะทำให้ลูกไก่ไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้ ถ้าอุณหภูมิในตู้ฟักไข่สูงเกินไปจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่มากกว่าอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ที่ต่ำเกินไป ผลของอุณหภูมิต่อการฟักไข่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

สำหรับตู้ฟักไข่ขนาดเล็กและไม่มีการหมุนเวียนของอากาศ อุณหภูมิภายในตู้

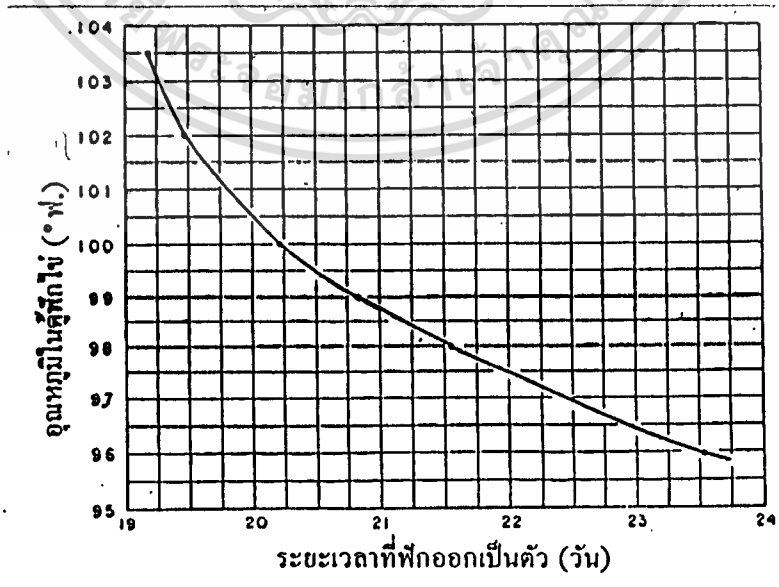
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟักควรจะสูงกว่าอุณหภูมิในตู้ฟักขนาดใหญ่ที่มีระบบหมุนเวียนของอากาศดีประมาณ 1°F

อุณหภูมิในตู้นอกจากจะมีผลต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่แล้วยังมีผลต่อระยะเวลาในการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่อีกด้วย ถ้าอุณหภูมิในตู้ฟักไข่สูงเกินไประยะการฟักตัวของลูกไก่จะสั้นกว่าปกติ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไประยะการฟักตัวของลูกไก่ก็จะยาวกว่าปกติ ผลของอุณหภูมิในการฟักไข่ต่อระยะเวลาในการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แสดงผลของอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของไข่มีเชื้อ



รูปที่ 2.2 แสดงผลของอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ต่อระยะเวลาในการฟักออกของตัวลูกไก่ในตู้ฟักที่มีอุณหภูมิระหว่าง 96.0-103.5 °F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟักตัวของลูกไก่ระยะต่างๆ

การเจริญของลูกไก่ภายในพองไข่นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตนั้นมีความต้องการอุณหภูมิในการพักแตกต่างกันดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นการเจริญของตัวอ่อนในขณะที่ไข่อยู่ในร่างกายของแม่ไก่ ในระยะนี้ไข่ไก่ที่ได้รับการผสมจากอสุจิจะอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมของร่างกายแม่ไก่ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 105-107 "F ตัวอ่อนจะมีการแบ่งเซลล์อยู่ตลอดเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อแม่ไก่ไข่ออกมาแล้ว ถ้าไข่อยู่ในอุณหภูมิสูงกว่า 75 "F ขึ้นไปตัวอ่อนก็จะสามารถแบ่งเซลได้ต่อไป แต่ถ้าไข่ถูกเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า 75 "F ตัวอ่อนจะไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้อีกต่อไป เพราะฉนั้นการเก็บรักษาไข่ก่อนฟักจะเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่มีการแบ่งเซลล์คือจะเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ 65"F

ระยะที่ 2 การเจริญของตัวอ่อนในช่วง 18 วันแรกของการฟักไข่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตู้ฟักไข่ที่มีระบบหมุนเวียนอากาศอยู่ในช่วง 99.5-99.75"F

ระยะที่ 3 การเจริญของตัวอ่อนในช่วงวันที่ 19-21 ของการฟักไข่ระยะนี้ไข่ฟักจะมีความต้องการอุณหภูมิในการฟักไข่ต่ำกว่าระยะที่ 2 เล็กน้อยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 97-99 "F

เนื่องจากไข่ฟักแต่ละระยะจะมีความต้องการสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ดังนั้นตู้ฟักไข่ที่ทันสมัยจึงจะแยกตู้ฟักไข่และตู้เกิดออกจากกันเป็น 2 ส่วน คือ ตู้ฟักไข่ (incubator) และ ตู้เกิดลูกไก่ (hatcher)

ความทนทานต่อความเย็นของตัวอ่อน

การฟักไข่โดยแม่ไก่ตามธรรมชาตินั้น แม่ไก่อาจจะออกจากรังวันละหลายๆ ครั้งเพื่อหาอาหาร ดังนั้นไข่ฟักก็จะมีอุณหภูมิลดต่ำลง จากการศึกษาพบว่าไม่ได้มีผลกระทบกระเทือนต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ และพบว่าในการฟักไข่ในตู้ฟักไข่ที่มีอากาศหมุนเวียน(forced draft incubator) การที่มีช่วงที่ทำให้ไข่ฟักไข่เย็นลงเป็นระยะจะทำให้การฟักไข่ได้ผลดีขึ้น คือการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่จะสูงขึ้น 2-3 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าไข่ฟักนั้นมีอุณหภูมิลดลงถึง 65 "F จะเกิดผลเสียหายอย่างร้ายแรงต่อการฟักไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฟักไข่ในช่วงสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้

(วันที่ 19-21 ของการฟัก) แม้จะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ก็ตาม

ความต้านทานต่อความร้อนสูงเกินไปของตัวอ่อน

จากการศึกษาความต้านทานต่อความร้อนสูงเกินไป (overheating) พบว่าไข่ฟักอายุ 16 วันถึงแม้ได้รับอุณหภูมิสูง 104 °F เป็นเวลานานถึง 24 ชั่วโมงก็ยังไม่มีผลต่อการฟักออกเป็นตัว แต่ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงถึง 110 °F เป็นเวลาเพียง 6 ชั่วโมงเท่านั้นจะทำให้การฟักออกเป็นตัวลดลง แต่ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงถึง 110 °F เป็นเวลาถึง 9 ชั่วโมงจะมีผลเสียหายร้ายแรง ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่านี้เช่นอุณหภูมิสูง 115°F เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรืออุณหภูมิ 120 °F เป็นเวลาเพียง 1 ชั่วโมง เท่านั้นตัวอ่อนของลูกไก่ก็จะตายหมด สำหรับลูกไก่ที่เกิดมาในสภาพที่ได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป นี้จะมีลักษณะพิการมากกว่าปกติเช่นลักษณะขาเกขนอ่อนแข็งไม่ปุยเหมือนลูกไก่ปกติและเดินโซเซไม่มั่นคง เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าไม่ว่าอุณหภูมิในตู้ฟักไข่จะสูงหรือต่ำ ก็จะมีผลเสียหายต่อการฟักไข่ไม่มากก็น้อย ดังนั้นจะต้องรักษาอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ให้เหมาะสมตลอดเวลาในขณะฟักไข่จนกระทั่งไข่ฟักออกเป็นตัว

การตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ในตู้ฟักไข่

เนื่องจากอุณหภูมิภายในตู้ฟักไข่นั้นเป็นปัจจัยการสำคัญมากที่สุดในการฟักไข่ ซึ่งต้องมีอุณหภูมิสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน จนกว่าไข่ฟักนั้นฟักออกเป็นตัวอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ก็คือ เทอร์โมมิเตอร์ ดังนั้นจึงมีการตรวจสอบความถูกต้องของเทอร์โมมิเตอร์อยู่เสมอๆ โดยนำไปเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน วิธีตรวจสอบความถูกต้องของเทอร์โมมิเตอร์ทำได้ดังนี้ นำภาชนะใส่น้ำอุ่นให้อุณหภูมิของน้ำอยู่ประมาณ 100°F นำเอาเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานและพวกที่จะตรวจสอบจุ่มแช่ไว้ที่น้ำดังกล่าวนั้น คนน้ำในภาชนะนั้นให้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วกันแล้วตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานนั้น

ตามปกติเราอาจจะพบเทอร์โมมิเตอร์ที่มีปรอทแยกจากกันทำให้การอ่านเทอร์โมมิเตอร์ได้ไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ไขเทอร์โมมิเตอร์ที่มีปรอทแยกกันให้กลับคืนสู่สภาพเดิม สามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่

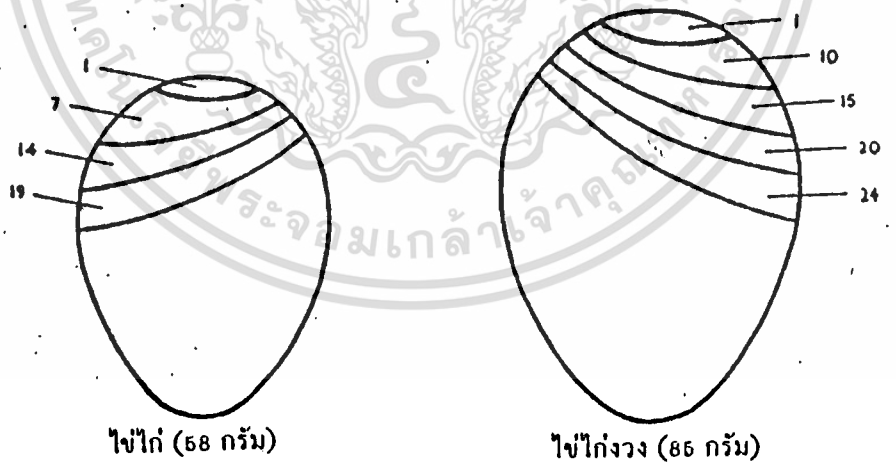
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 นำเทอร์โมมิเตอร์นั้นไปเก็บไว้ในช่องทำน้ำแข็งนานประมาณ 30 นาที นำเอาเทอร์โมมิเตอร์ออกมาสะบัดให้ปรอทั้งหมดลงไปอยู่ในกระเปาะให้หมดแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องสักครู่ปรอทก็จะขยายตัวมาตามท่อโดยไม่มีฟองอากาศแทรกอยู่อีก

2 นำเทอร์โมมิเตอร์ไปแช่ในน้ำอุ่นซึ่งมีอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้ปรอทในเทอร์โมมิเตอร์ขยายตัวจนกระทั่งขึ้นไปถึงกระเปาะด้านบนของเทอร์โมมิเตอร์แล้วนำเทอร์โมมิเตอร์นั้นออกมาสะบัดให้ปรอทลงมาอยู่ในท่อเนื่องจากอุณหภูมิลดลง วิธีนี้ควรจะระวังไม่ให้น้ำร้อนจนเกินไปจะทำให้ปรอทขยายตัวมากจนทำให้เทอร์โมมิเตอร์แตกเสียหายได้

2. ความชื้น (humidity)

ความชื้นในตู้ฟักไข่ก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการฟักไข่ ไข่ฟักจะมีการสูญเสียความชื้นออกจากฟองไข่ตลอดเวลา ซึ่งเราจะสามารถสังเกตได้จากขนาดของช่องอากาศ (aircell) ในฟองไข่ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อฟักไข่ไก่ไปได้ 19 วันฟองอากาศก็จะมีปริมาตรประมาณ 1/3 ของฟองไข่ดังแสดงในรูปที่2.3

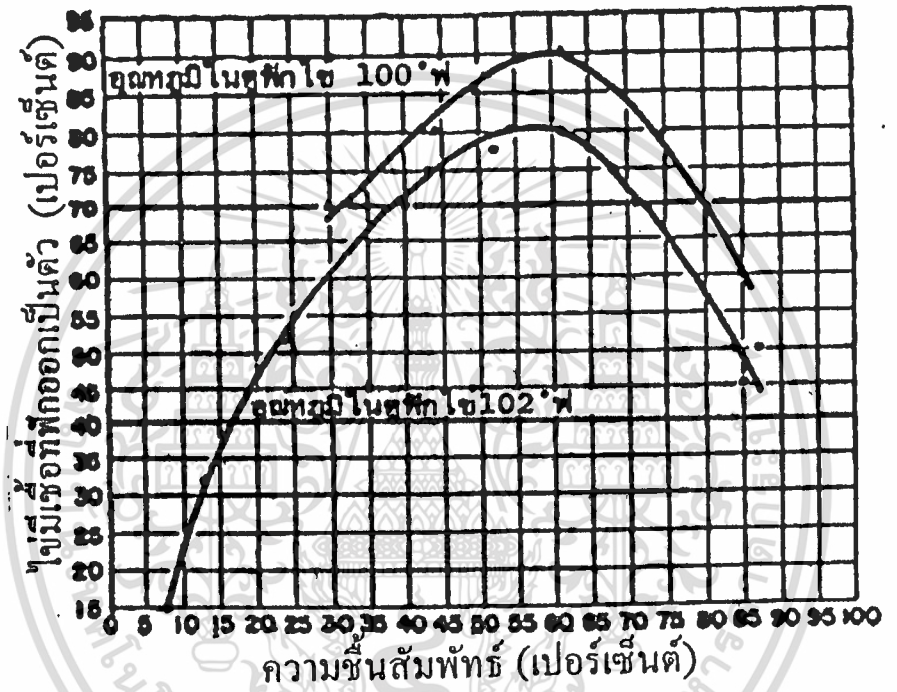


รูปที่ 2.3 แสดงขนาดของช่องอากาศของไข่ฟักที่มีเชื้อเมื่อระยะเวลาฟักแตกต่างกัน

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการฟักไข่นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วง18วันแรกของการฟักไข่ตู้ฟักไข่ควรมีความชื้นสัมพัทธ์(relative humidity) ประมาณ 60 เปอเซ็นต์ และในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักไข่ ไข่ฟักต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การความชื้นสูงขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นตู้เกิดจึงควรมีความชื้นประมาณ 70-75 เปอเซ็นต์ ถ้าความชื้นในตู้ฟักแต่ละช่วง ไม่เหมาะสมจะทำให้การระเหยของน้ำออกจากฟองไข่มากหรือน้อยผิดปกติซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียหายต่อการฟักไข่อย่างมาก ผลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงผลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในตู้ฟักไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่

การสูญเสียน้ำหนักของไข่ฟักระหว่างการฟักไข่

การฟักไข่จะให้ผลดีนั้นไข่ฟักควรจะสูญเสียน้ำหนักประมาณ 10.5 เปอร์เซ็นต์ในช่วง 18 วันแรก ปัจจัยที่เกี่ยวกับการสูญเสียน้ำหนักของไข่ฟักได้แก่คุณภาพของเปลือกไข่และขนาดของฟองไข่ น้ำหนักไข่จะสูญเสียไปอย่างช้าๆในวันแรกๆและมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ของการฟักไข่ ไข่ฟักจะสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 17-19 ของการฟักไข่ การสูญเสียน้ำหนักของฟองไข่ที่มีคุณภาพของเปลือกไข่แตกต่างกันแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของเปลือกไข่กับ การสูญเสียน้ำหนักของฟองไข่ในช่วง 18 วันแรกของการฟัก

น้ำหนักไข่(กรัม/ฟอง)	ความหนาของเปลือกไข่	น้ำหนักที่สูญเสียไป (เปอร์เซ็นต์)
56.7	ปานกลาง	10.5
56.7	บาง	13.5
56.7	หนา	8.0

ขนาดของฟองไข่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำหนักจากฟองไข่ในระหว่างการฟักไข่ ไข่ที่ฟักมีขนาดเล็กจะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวของฟองไข่ต่อหน่วยน้ำหนักมากกว่าไข่ที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าไข่ที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นไข่ที่มีขนาดแตกต่างกันจึงมีความต้องการความชื้นแตกต่างกันเพื่อทำให้ไข่แต่ละฟองมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการฟักประมาณ 10.5 % ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไข่กับความชื้นในตู้ฟักไข่ไว้ในตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในตู้ฟักขนาดของฟองไข่และการสูญเสียน้ำหนักจากฟองไข่

ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ฟัก (เปอร์เซนต์)	น้ำหนักไข่(กรัม/ฟอง) 52.0	56.7	61.4	66.1	70.9
	น้ำหนักไข่ที่สูญเสียไปในช่วง 18 วันแรก(เปอร์เซ็นต์)				
70-80	9.2	8.8	8.5	8.2	8.1
60-70	10.1	9.6	9.2	9.0	8.8
50-60	11.0	10.5	10.1	9.8	9.6
40-50	12.2	11.6	12.2	10.8	10.6
30-40	13.4	12.8	12.3	11.9	11.7
20-30	15.0	14.3	13.8	13.4	13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับขนาดของไข่ฟักขนาดต่างๆ สูญเสียน้ำหนักจากฟองไข่ 10.5 % ในช่วง 19 วันแรกของการฟัก

น้ำหนักไข่เมื่อเริ่มเข้าฟัก(กรัม/ฟอง)	ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ฟัก (%)
52.0	55-65
54.3	52-62
56.7	50-60
59.1	47-57
61.4	45-55
63.8	42-52
66.1	50-50

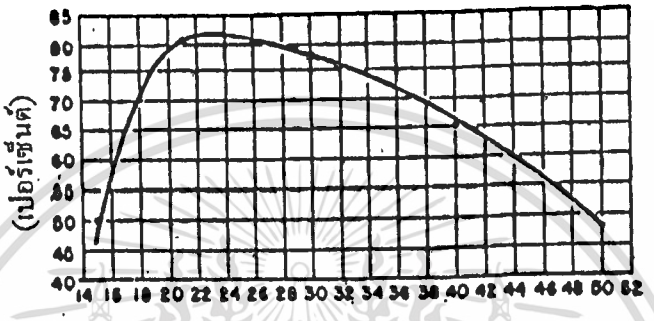
3. อากาศในตู้ฟัก

ในการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในฟองไข่จำเป็นจะต้องอาศัยออกซิเจนเพื่อใช้ในการเผาผลาญ(metabolism)และขับถ่ายเอาคาบอนไดออกไซด์ออกมาดังนั้นในตู้ฟักไข่จึงมีระบบระบายอากาศเพื่อให้ออกซิเจนเพียงพอแก่ตัวอ่อน และลดระดับคาร์บอนไดออกไซด์ให้ต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตและการมีชีวิตของตัวอ่อนในฟองไข่ได้อย่างไรก็ตามในช่วงวันแรก ๆ จะต้องการออกซิเจนต่ำและต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ ในการลำเลียงแคลเซี่ยมจากเปลือกไข่เพื่อสร้างโครงร่างของร่างกายด้วย ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพียงพอสำหรับตัวอ่อน

ออกซิเจนในตู้ฟักไข่ ตามปกติในอากาศที่ระดับน้ำทะเลจะมีออกซิเจนประมาณ 21 % ดังนั้นถ้ามีระบบระบายอากาศที่ดีออกซิเจนระดับนี้จะสามารถฟักออกเป็นตัวได้อย่างปกติ แต่ถ้าระดับออกซิเจนต่ำกว่าระดับนี้จะทำให้การฟักออกเป็นตัวลดลงจากการทดลองของ U.S.D.A.Research Center at Beltsville พบว่าถ้าอากาศในตู้ฟักมีออกซิเจนลดลง 5 % หรือสูงกว่า 21 % ก็มีผลทำให้การฟักออกเป็นตัวของลูกไก่เช่นกัน แต่ตัวอ่อนจะมีความทนทานต่อสภาวะที่มีออกซิเจนสูงดีกว่าสภาวะที่ขาดออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม Wilgus,H.S. และ W.Sadler.1954 ได้ทำการทดลองพบว่าถ้าเพิ่มออกซิเจนในตู้ฟักให้สูงขึ้นถึงระดับ 23-23.5 % จะมีผลทำให้การฟักออกเป็นตัวของลูกไก่สูงขึ้นมาก ผลของระดับออกซิเจนในตู้ฟักต่อการฟักออกเป็นตัวของของลูกไก่แสดงไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงผลของระดับออกซิเจนในตู้ฟักต่อเปอร์เซ็นต์การฟักออกเป็นตัวของไข่มีเชื้อ

คาร์บอนไดออกไซด์ในตู้ฟักไข่ โดยทั่วไปในอากาศบริสุทธิ์ปกติจะมีระดับคาบอนไดออกไซด์ระหว่าง 0.03-0.08 % แต่ถ้าอากาศในเมืองใหญ่ ๆ จะมีระดับสูงกว่านี้ ในห้องทำงานที่มีอากาศถ่ายเทไม่ดีจะมีระดับคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะสูงถึง 0.4 % จากการศึกษาในตู้ฟักไข่ที่ทำให้การเจริญของตัวอ่อนเป็นไปตามปกติจะมีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศประมาณ 0.4-0.6 %

ในการเจริญของตัวอ่อนจำเป็นจะต้องใช้ออกซิเจน เพื่อนำไปเผาผลาญอาหารต่างๆ มาใช้ในการเจริญเติบโต ผลของการเผาผลาญจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะถูกขับออกมานอกไข่ ถ้าระดับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในตู้เท่ากับ 0.5 % การฟักออกเป็นตัวจะเป็นปกติแต่ถ้ามีถึงระดับ 1 % จะทำให้ตัวอ่อนตายมาก แต่ถ้าระดับคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึงระดับ 2 % จะทำให้ลูกไก่ไม่สามารถฟักออกเป็นเป็นตัวได้เลย ในการตรวจสอบระดับคาร์บอนไดออกไซด์สามารถปฏิบัติได้โดยการเข้าไปในห้องฟักไข่ ถ้าระดับคาร์บอนไดออกไซด์มีไม่สูงเกินกว่าระดับ 5 % จะไม่รู้สึกอึดอัด แต่ถ้ารู้สึกอึดอัดแสดงว่าระดับคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการออกซิเจนและการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ ของไข่ฟักในระยะแรกๆ จะต่ำและจะสูงขึ้นเมื่อไข่นั้นได้รับการฟักนานขึ้น ในการฟักวันที่ 21 จะมีความต้องการออกซิเจนสูงกว่าการฟักในวันที่ 1 ถึง 100 เท่า ความต้องการออกซิเจนของไข่ฟักที่อายุต่างๆ กันแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 จะเห็นว่าจะต้องทำการระบายอากาศในระยะหลัง ๆ มากกว่าในระยะแรก ๆ ของการฟัก เพราะฉนั้นการระบายอากาศในตู้เกิดจะต้องมีมากกว่าการระบายอากาศในตู้ฟักไข่

ตารางที่ 2.9 แสดงความต้องการออกซิเจนและการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ของไข่ฟักอายุต่าง ๆ กัน(ต่อไข่ 100 ฟอง)

อายุของไข่ฟัก	ปริมาณออกซิเจน/วัน (ลูกบาศก์ฟุต)	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขับออก/วัน (ลูกบาศก์ฟุต)
1	0.5	0.29
5	1.17	0.58
10	3.79	1.92
15	22.70	11.50
18	30.00	15.40
21	45.40	23.00

จากตัวเลขแสดงความต้องการออกซิเจนของตัวอ่อนอายุต่าง ๆ ในตารางสามารถนำไปใช้ในการคำนวณการระบายอากาศในตู้ฟักไข่ เพื่อสร้างตู้ฟักไข่ที่เหมาะสมในการใช้งาน เช่น ตู้ฟักไข่ขนาดบรรจุไข่ฟัก 1,000 ฟอง ในวันที่ 18 ของการฟักจะต้องถ่ายเทอากาศออกจากตู้ฟักไข่ 1,428.6 ลูกบาศก์ฟุต โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ไข่อายุ 18 วัน จำนวน 100 ฟอง ต้องการออกซิเจนวันละ = 30 ลูกบาศก์ฟุต

ไข่อายุ 18 วัน จำนวน 1000ฟอง ต้องการออกซิเจนวันละ = 300 ลูกบาศก์ฟุต

ออกซิเจน 21 ลูกบาศก์ฟุต ต้องใช้อากาศทั้งสิ้น = 100 ลูกบาศก์ฟุต

ออกซิเจน 300 ลูกบาศก์ฟุต ต้องใช้อากาศทั้งสิ้น = (100*300)/21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉนั้นจะต้องใช้ปริมาตรอากาศทั้งหมด = 1,428.6 ลูกบาศก์ฟุต

4. การวางไข่ในตู้ฟักไข่และการกลับไข่

ลูกไก่ขณะอยู่ในฟองไข่นั้นปกติหัวของลูกไก่จะอยู่ทางด้านป้านของไข่ และเมื่อฟักไปนานๆส่วนหัวของลูกไก่จะอยู่ใกล้ช่องอากาศ เพื่อที่จะหายใจและเจาะเปลือกไข่ได้สะดวก และโดยธรรมชาติแล้วการเจริญของลูกไก่ในฟองไข่นั้นลูกไก่จะหันหัวขึ้นสู่ด้านบนเสมอ จากลักษณะทางธรรมชาติทั้งสองอย่างนี้ควรวางไข่ฟักในตู้ฟักโดยเอาด้านป้านขึ้นด้านบน ในการฟักไข่ถ้าวางไข่โดยเอาด้านแหลมของไข่ขึ้นด้านบน ลูกไก่ในฟองไข่ประมาณ 60 % จะหันหัวขึ้นด้านแหลมซึ่งผิดธรรมชาติ ดังนั้นเวลาเกิด (hatch) ลูกไก่ไม่สามารถเจาะเยื่อฟองอากาศเพื่อหายใจได้ ในช่วงนี้จะมีลูกไก่จำนวนมากไม่สามารถเจาะเปลือกไข่ออกมาได้จึงตายในฟองไข่ ทำให้การฟักออกเป็นตัวต่ำกว่าปกติ 10-20 % และลูกไก่ที่ฟักออกเป็นตัวมีคุณภาพต่ำ 35-40 %

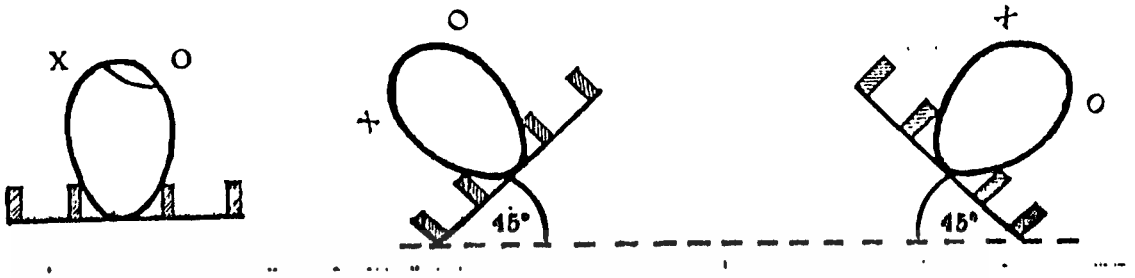
การกลับไข่ฟัก

การฟักไข่โดยธรรมชาติแม่ไก่จะทำการพลิกไข่หรือกลับไข่ฟักวันละหลายๆ ครั้ง จากการศึกษาพบว่าถ้าฟักไข่โดยไม่มีการกลับไข่ในช่วง 18 วันแรกของการฟักจะทำให้ตัวอ่อนในฟองไข่นั้นตายได้มาก แต่ในช่วงวันที่ 19-21 ของการฟักไข่พบว่าการกลับไข่จะไม่มีผลต่อการฟัก

สิ่งที่สำคัญและต้องพิจารณาในการกลับไข่คือมุมที่ใช้ในการกลับไข่และจำนวนครั้งในการกลับไข่แต่ละวัน พบว่ามุมที่ใช้ในการกลับไข่ซึ่งจะทำให้การฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ดีที่สุดควรจะกลับไข่ให้แกนของฟองไข่ทำมุม 45 องศากับแนวดิ่งกลับไปมาดังแสดงไว้ในรูปที่2.6 ผลของมุมที่ใช้ในการกลับไข่กับการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่จะแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

จำนวนครั้งในการกลับไข่ในช่วงการฟักไข่ 1-18 วันแรก มีผลต่อการฟักออกเป็นตัวเช่นเดียวกันถ้าเราทำการกลับไข่น้อยครั้งเกินไปทำให้การฟักออกเป็นตัวต่ำ แต่ถ้ามีการกลับไข่มากครั้งเกินไปจะไม่ทำให้การฟักออกเป็นตัวสูงขึ้นแต่อย่างไร ดังนั้นเราในวันหนึ่งๆจะทำการกลับไข่ 6-10 ครั้งต่อวัน ผลของจำนวนครั้งในการกลับไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่แสดงไว้ในตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการกลับไข่ฟักในตู้ฟักไขเป็นมุม 90 องศา

ตารางที่ 2.5 แสดงผลของมุมที่ใช้ในการกลับไข่ฟักต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่

มุมที่ใช้ในการกลับไข่จากแนวดิ่ง	เปอร์เซ็นของการฟักออกเป็นตัวของไข่มีเชื้อ
20	69.3
30	78.9
45	84.6

ตารางที่ 2.6 แสดงผลของจำนวนครั้งในการกลับไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่

จำนวนครั้งในการกลับไข่แต่ละวัน	เปอร์เซ็นต์ของการฟักออกเป็นตัวของไข่มีเชื้อ
2	68.2
4	71.3
6	74.6
8	74.8
10	74.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงผลของการวางไข่และการกลับไข่ต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่และการตายของตัวอ่อนระยะต่าง ๆ

การจัดการไข่ฟัก	การฟักออกเป็นตัว(%)	ตัวอ่อนตายในระยะแรก(1-18วัน)(%)	ตัวอ่อนตายในระยะหลัง(19-21วัน)(%)
ไข่ปกติด้านป้านขึ้น กลับวันละ 8 ครั้ง	86.1	10.3	3.6
ไข่ฟักด้านแหลมขึ้น กลับวันละ 8 ครั้ง	74	18	8
ไข่ฟักวางนอนไม่กลับไข่	46	46	8

5. การแยกตู้ฟักและตู้เกิด

ตู้ฟักไข่ที่ทันสมัยและมีประสิทธภาพสูงในปัจจุบันจะแยกตู้ฟักไข่ออกเป็นสองส่วนคือ ตู้ฟักไข่และตู้เกิด ตู้ฟักไข่จะใช้ใน 18 วันแรกของการฟักไข่ ส่วน 3 วันสุดจะนำไปเข้าตู้เกิด ด้วยเหตุผลดังนี้

1. จากการศึกษพบว่าไข่ฟักในช่วงแรก(วันที่ 1-18 ของการฟัก) กับช่วงหลังของการฟัก ต้องการสภาพแวดล้อมต่างกันทั้ง ความชื้น อุณหภูมิ การกลับไข่ ฯลฯ

2. ในช่วงที่ลูกไก่เกิดจะต้องใช้ถาดเกิดซึ่งแตกต่างจากถาดฟักมาก ซึ่งถูกออกแบบให้รองรับสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ได้

3. เนื่องจากสิ่งปฏิกูลเหล่านี้เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคเราสามารถกำจัดสิ่งเหล่านี้ได้สะดวกและสามารถทำการฆ่าเชื้อโรคในตู้เกิดได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อไข่ฟักอื่น ๆ ทำให้เรายังสามารถจัดการฟักไข่สะดวกและได้ผลดีขึ้น

แต่ในตู้ฟักขนาดเล็ก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องแยกตู้ฟักและตู้เกิดออกจากกัน เนื่องจากเป็นการฟักจำนวนน้อย ไม่เหมาะสมกับค่าใช้จ่าย ในการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การส่องไข่ (candling)

การส่องไข่นั้นมีประโยชน์ในการฟักคือทำให้สามารถตรวจสอบหาเปอร์เซ็นต์ของไข่มีเชื้อและไข่เชื้อตายในระยะแยกได้โดยใช้เครื่องมือส่องไข่ซึ่งมีหลายแบบ ไข่ฟักที่มีเปลือกสีขาวจะส่องเห็นได้ง่ายกว่าเปลือกไข่สีน้ำตาล ตามปกตินั้นเราต้องการแยกไข่ฟักที่มีเชื้อและไม่มีเชื้อนั้นสามารถทำได้ตั้งแต่เมื่อนำเข้าฟัก 15-18 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ในทางปฏิบัติการส่องไข่จะทำกันในวันที่ 7 ของการฟักสำหรับไข่เปลือกสีขาวและสำหลับเปลือกไข่สีน้ำตาลควรส่องในวันที่ 2.5 ของการฟัก เนื่องจากจะสามารถมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น

ในโรงฟักไข่ที่ทันสมัยจะทำการส่องไข่เพียงครั้ง คือส่องไข่ในวันที่ย้ายจากตู้ฟักเข้าตู้เกิด ซึ่งสามารถแยกไข่มีเชื้อ ไม่มีเชื้อและไข่เชื้อตายในระยะต่าง ได้อย่างชัดเจนจึงไม่ทำให้ไม่ได้รับการกระทบกระเทือนมากนัก ถ้าไม่นำมาส่องก่อนเข้าตู้ฟักอาจจะก่อให้เกิดผลเสียหายอย่างร้ายแรงถ้ามีไข่ที่ไม่มีเชื้อหรือไข่เชื้อตายจนเป็นไข่เน่าหลงเข้าไปในตู้เกิดแล้วแตกในตู้เกิดจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซันไฟต์(H_2S) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตู้เกิดมาก จะทำให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อไข่ฟักอื่นและลูกไก่ที่เกิดใหม่ได้มาก

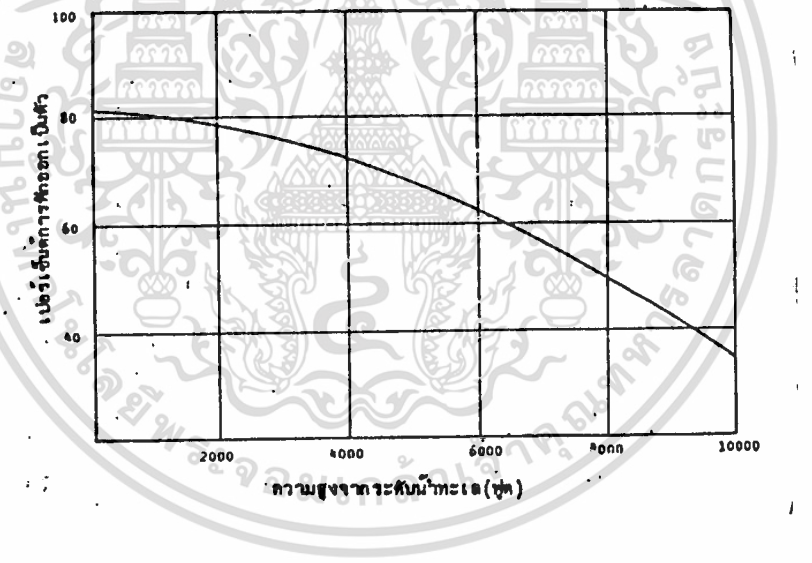
การส่องไข่ไม่ว่าจะเป็นช่วงใดก็ตามจะกระทบกระเทือนต่อไข่ฟักไม่มากก็น้อยซึ่งจะส่งผลต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ ดังนั้นการส่องไข่จึงต้องทำอย่างระมัดระวังไม่ให้ไข่ฟักได้รับการกระทบกระเทือน คือการขนย้ายไข่ฟักเพื่อนำไปส่องนั้นควรทำอย่างนุ่มนวล ป้องกันการกระทบกระแทกอย่างรุนแรง ต้องทำด้วยความรวดเร็วแล้วนำเข้าตู้เกิดให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอ่อนในฟองไข่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะส่องไข่ เป็นต้น

ไข่ฟักไม่มีเชื้อหรือไข่เชื้อตายในระยะแรกถ้าเราตรวจสอบ 3-5 วันของการฟักนั้นจะยังไม่เสียแต่อาจจะเสื่อมคุณภาพไปบ้างเช่นไข่ขาวและไข่แดงมีความเหลวมาก แต่ปกติไข่เชื้อตายในระยะแรกจะมีเลือดในฟองไข่อยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ความดันของอากาศในตู้ฟัก

การฟักไข่ในที่สูงซึ่งความดันบรรยากาศต่ำจะมีผลทำให้การฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ลดลง จากการทดลองพบว่าถ้าอยู่ที่สูง 2500 ฟุตจากระดับน้ำทะเลการฟักออกเป็นตัวจะลดลงเล็กน้อย ถ้าที่สูง 3,500 ฟุตจากระดับน้ำทะเลขึ้นไปจะทำให้การฟักออกเป็นตัวจะลดลงมาก ผลของความสูงต่อการฟักออกเป็นตัวของลูกไก่ไว้ในรูปที่ 2.7 และพบว่าการฟักไข่ในที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ เมื่อเพิ่มความดันของอากาศในตู้ฟักให้เท่ากับความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลจะทำให้ผลของการฟักเป็นปกติ



รูปที่ 2.7 แสดงผลของความสูงจากระดับน้ำทะเลของตู้ฟักไข่กับการฟักออกเป็นตัว

ระดับความสูงหรือความดันของอากาศ นั้นมีความสัมพันธ์กับออกซิเจนในอากาศ ในที่สูงความดันอากาศจะน้อย ในที่สูงถ้าปริมาตรอากาศที่เท่ากับระดับน้ำทะเลจะมีออกซิเจนต่ำกว่าเสมอ ผลของความสูงกับความดันของอากาศและปริมาตรของออกซิเจนแสดงไว้ในตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูง ความดันอากาศ ปริมาณออกซิเจน

ความสูงจากระดับน้ำทะเล		ความดันอากาศ	น้ำหนักของออกซิเจนลดลง
ฟุต	เมตร	(นิ้วของปรอท)	(เปอร์เซ็นต์)
0	0	29.92	0
2000	609	27.82	5.1
4000	1217	25.84	11.2
6000	1829	23.98	16.4
8000	2438	22.22	21.4
10000	3048	20.58	26.2
12000	3658	19.03	30.7

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟัก

ตามปกติการฟักไข่ไก่จะใช้เวลาในการฟักไข่ประมาณ 21 วันแต่ในทางปฏิบัติระยะฟักนี้อาจจะแปรผันไปได้มาก ความผันแปรนี้นอกจากจะทำให้ยุ่งยากต่อการจัดการโรงฟักแล้วลูกไก่ที่ได้อาจจะมีคุณภาพต่ำลงด้วยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟักไข่ที่นอกเหนือจากอุณหภูมิและความชื้นได้แก่

1. โรคภัยหรือความเครียดของพ่อ-แม่พันธ์จะมีผลทำให้ระยะฟักไข่นานขึ้น

2. ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่ให้ไข่มานานจะใช้เวลาในการฟักเป็นตัวนานกว่าไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่เริ่มให้ไข่หรือให้ในระยะแรกๆ

3. ถ้าไข่อยู่ในตัวแม่ไก่นานกว่าปกติ ตัวอ่อนในระยะแรกเริ่มจะเจริญมากกว่าปกติจะทำให้ระยะฟักสั้นลง

4. ไข่ของไก่พันธุ์เล็กฮอร์น จะมีระยะเวลาฟักสั้นกว่าระยะสั้นฟักของไข่ไก่พันธุ์เนื้อ หรือจะพูดได้ว่า ไก่พันธุ์เบาใช้ระยะเวลาในการฟักสั้นกว่าไก่พันธุ์หนัก

5. ไข่ที่ได้ในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิของอากาศสูงจะใช้เวลาฟักสั้นกว่าไข่ที่ได้ในฤดูหนาวเนื่องมาจากตัวอ่อนในระยะเริ่มต้นเจริญขึ้นได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไข่ที่มีเปลือกหนาใช้ระยะเวลาในการฟักนานกว่าไข่ที่มีเปลือกบาง

7. ไข่ฟักก่อนนำเข้าฟักถ้าอยู่ในอุณหภูมิสูงกว่า 75 °F เป็นเวลานานจะใช้เวลาในการฟักสั้นลง

8. ไข่ที่เก็บไว้ในห้องเก็บไข่ยิ่งนานขึ้นก็จะใช้เวลาในการฟักนานขึ้น

9. ไข่ที่มีขนาดเล็กจะฟักออกเป็นตัวเร็วกว่าไข่ที่มีขนาดใหญ่ ถ้าพบในสภาพแวดล้อมเหมือนกัน

10. ตัวอ่อนในฟองไข่ที่อยู่ในท่าผิดปกติ จะใช้เวลาในการเจาะเปลือกนานกว่าลูกไก่ในท่าปกติ

อุปกรณ์ทำความชื้นและการควบคุมความชื้นในตู้ฟักไข่

อุปกรณ์ให้ความชื้น

ความชื้นในตู้ฟักไข่ได้จากการระเหยของน้ำหรือหัวฉีดฉีดน้ำเป็นละอองฝอยเข้าไปในตู้ฟักสำหรับตู้ขนาดเล็กและตู้ฟักขนาดใหญ่ การให้ความชื้นในตู้ฟักใช้วิธีการระเหยของน้ำซึ่งจะเพิ่มหรือลดความชื้นได้โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวในการระเหยน้ำ การเพิ่มพื้นที่ผิวของผิวน้ำทำได้ โดยการเพิ่มขนาดของภาชนะบรรจุน้ำหรือการใช้ผ้าหรือวัสดุที่สามารถดูดซึมน้ำดีแขวนไว้ในตู้ฟัก โดยให้ปลายผ้าด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำเป็นต้น สำหรับตู้ฟักที่เป็นแบบห้องฟัก การเพิ่มหรือลดโดยการฉีดละอองน้ำเข้าไปในห้องหรือตู้เกิด สำหรับการกระจายความชื้นในตู้ฟักและตู้เกิดอาศัยพัดลมอันเดียวที่ใช้พัดในการกระจายอุณหภูมิในตู้ฟัก

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความชื้น

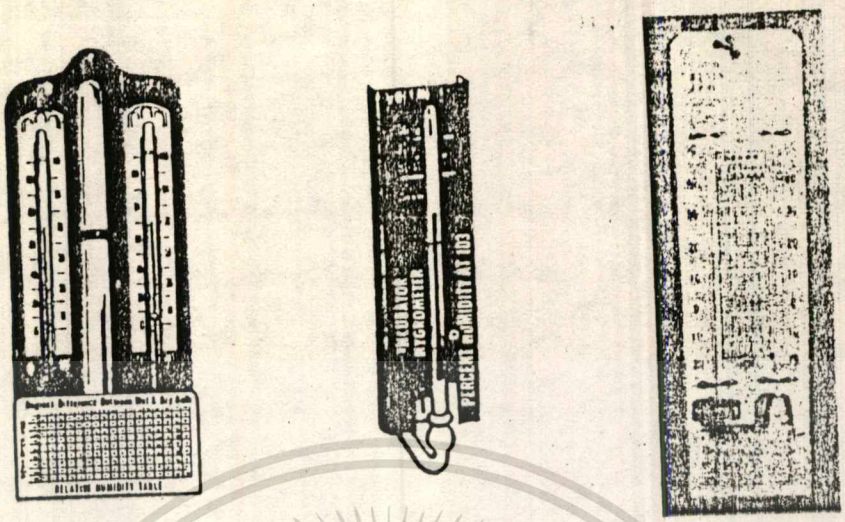
อุปกรณ์ใช้สำหรับวัดความชื้นในตู้ฟักได้แก่ ไฮโกรมิเตอร์ (hygrometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความชื้น ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์แห้งธรรมดา อีกอันหนึ่งเป็นเทอร์โมมิเตอร์เปียกซึ่งทำได้โดยการใช้ผ้าเปียกห่อหุ้มตรงกระเปาะปรอทของเทอร์โมมิเตอร์การวัดค่าความชื้นทำได้โดยการอ่านค่าของอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 2 อันแล้วนำค่าความแตกต่างที่ได้นี้ไปเทียบกับตารางมาตราฐาน ในตารางที่ 2.9 หรืออาจจะใช้ Phychrometic Chart ตัวอย่างของไฮโกรมิเตอร์ที่ใช้ในตู้ฟักไข่แสดงไว้ในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ตารางหาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในตู้ฟักเมื่อทราบอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์

	เทอร์โมมิเตอร์แห้ง	เทอร์โมมิเตอร์เปียก "F ความชื้นสัมพัทธ์					
	"F	60%	65%	70%	75%	80%	85%
สำหรับห้องเก็บ	50	44.2	45.0	45.8	46.5	47.2	47.9
	52	46.0	46.8	47.6	48.4	49.1	49.8
	54	47.7	48.6	49.4	50.2	51.0	51.7
	56	49.5	50.4	51.2	52.1	52.9	53.6
	58	51.3	52.2	53.0	53.9	54.7	55.5
	60	53.0	54.0	54.8	55.8	56.6	57.4
สำหรับตู้ฟัก	99	86.8	88.5	90.2	91.8	93.2	94.8
	99.5	87.2	88.9	90.7	92.2	93.6	95.3
	100	87.8	89.3	91.2	92.7	94.1	95.8
	100.5	88.1	89.7	91.6	93.2	94.6	96.3
	101	88.5	90.2	92.1	93.6	95.1	96.8
	101.5	88.9	90.6	92.5	94.1	95.5	97.3
	102	89.3	91.0	93.0	94.5	96.0	97.8
	102.5	89.7	91.4	93.5	95.0	96.5	98.3
	103	90.2	91.8	93.9	95.5	97.0	98.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของไฮโดรมิเตอร์สำหรับวัดความชื้นในตู้ฟักไข่

อุปกรณ์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติในตู้ฟักไข่

ตามธรรมชาติถ้าเทอร์โมมิเตอร์แห้ง(dry bule)กับเทอร์โมมิเตอร์เปียก (wet bulb)วัดอุณหภูมิแล้วค่าอุณหภูมิที่วัดได้เท่ากัน แสดงว่าความชื้นสัมพัทธ์ในที่นั่นเป็น 100 % แต่ถ้าวัดแล้วแตกต่างกันแสดงว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่นั้นมีต่ำกว่า 100 % ค่าความแตกต่างของเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 2 ยิ่งมากขึ้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ในที่นั้นจะยิ่งต่ำลง

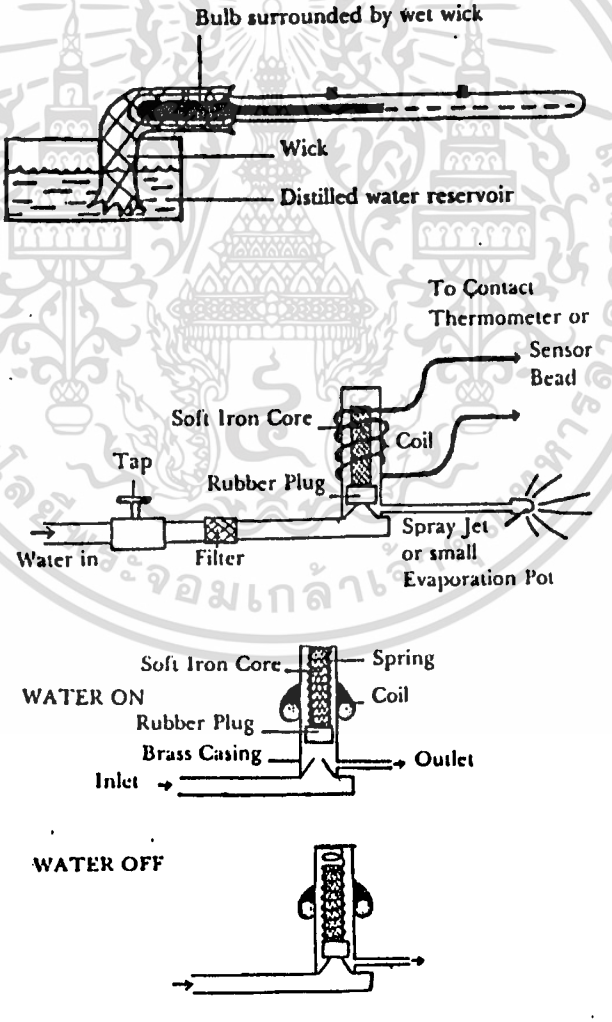
ในตู้ฟักไข่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 99.75 "F และความชื้นสัมพัทธ์ 60 % ถ้าดูจากตาราง Phychrometic chart จะเห็นว่าเทอร์โมมิเตอร์เปียกจะอยู่ระหว่าง 86-89 "F และในตู้เกิดลูกไก่ต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 99 "F และความชื้นสัมพัธ์ประมาณ 75 % เทอร์โมมิเตอร์เปียกจะอยู่ประมาณ 92"F

เมื่อเราทราบอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์เปียกที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมความชื้นได้โดยการออกแบบให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์เปียกแบบปรอท ที่มีลวดแหย่เข้าไปในช่องบรรจุปรอท ลวดเส้นหนึ่งอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนด ลวดอีกเส้นหนึ่งจะแหย่เข้าที่อุณหภูมิที่กำหนด และใช้ลวดทั้ง 2 ของเทอร์โมมิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ให้ความชื้นแบบหัวฉีดโดยออกแบบให้อุณหภูมิถึงจุดกำหนดวงจรไฟฟ้าก็จะครบวงจร magnetic switch or relay switchจะทำงานวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักจะทำงานทำให้ magnetic valve ปิด หัวฉีดก็จะหยุดฉีดน้ำเพราะความชื้นสัมพัทธ์สูงตามต้องการแล้ว แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์เปียกลดลง วงจรไฟฟ้าของ magnetic switch จะเปิดออก ทำให้ magnetic valve ก็จะทำงานทำให้น้ำพ่นออกจากหัวฉีด ความชื้นค่อย ๆ สูงขึ้น จนอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์เปียกถึงจุดที่กำหนดอีกครั้งหัวฉีดก็จะหยุดทำงานสลับกันไป การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความชื้นแสดงในรูปที่ 2.9

อุปกรณ์ควบคุมความชื้นอัตโนมัตินี้ มักจะใช้ในเครื่องฟักขนาดใหญ่ที่ทันสมัย และใช้ในเครื่องฟักไข่แบบห้องฟักไข่เป็นต้น



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะเทอร์โมมิเตอร์เปียกและการทำงานของอุปกรณ์ให้ความชื้นและ ควบคุมความชื้นอัตโนมัติและหัวฉีดแบบ Magnetic Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายอากาศและอุปกรณ์ควบคุมการระบายอากาศในตู้ฟักไข่

อุปกรณ์สำหรับการระบายอากาศได้แก่พัดลมเครื่องเดียวกันกับพัดลมกวนอากาศและหมุนเวียนอากาศภายในตู้ฟัก การระบายอากาศในตู้ฟักขนาดเล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับความกว้างของช่องระบายอากาศ ตู้ฟักขนาดใหญ่จะมีพัดลมระบายอากาศโดยเฉพาะ เนื่องจากในตู้ฟักมีไข่ฟักจำนวนมาก มีความต้องการอากาศออกซิเจนและมีการขับคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก จึงจำเป็นจะต้องมีระบบระบายอากาศออกจากตู้ฟักที่ดีและมีประสิทธิภาพ ตู้ฟักไข่แบบห้องฟักจะมีพัดลมสำหรับกวนอากาศและหมุนเวียนอากาศ 1 เครื่อง และพัดลมสำหรับดูดอากาศออกจากตู้ฟักไข่ 1 เครื่อง สำหรับในตู้เกิดลูกไก่ก็เช่นเดียวกัน

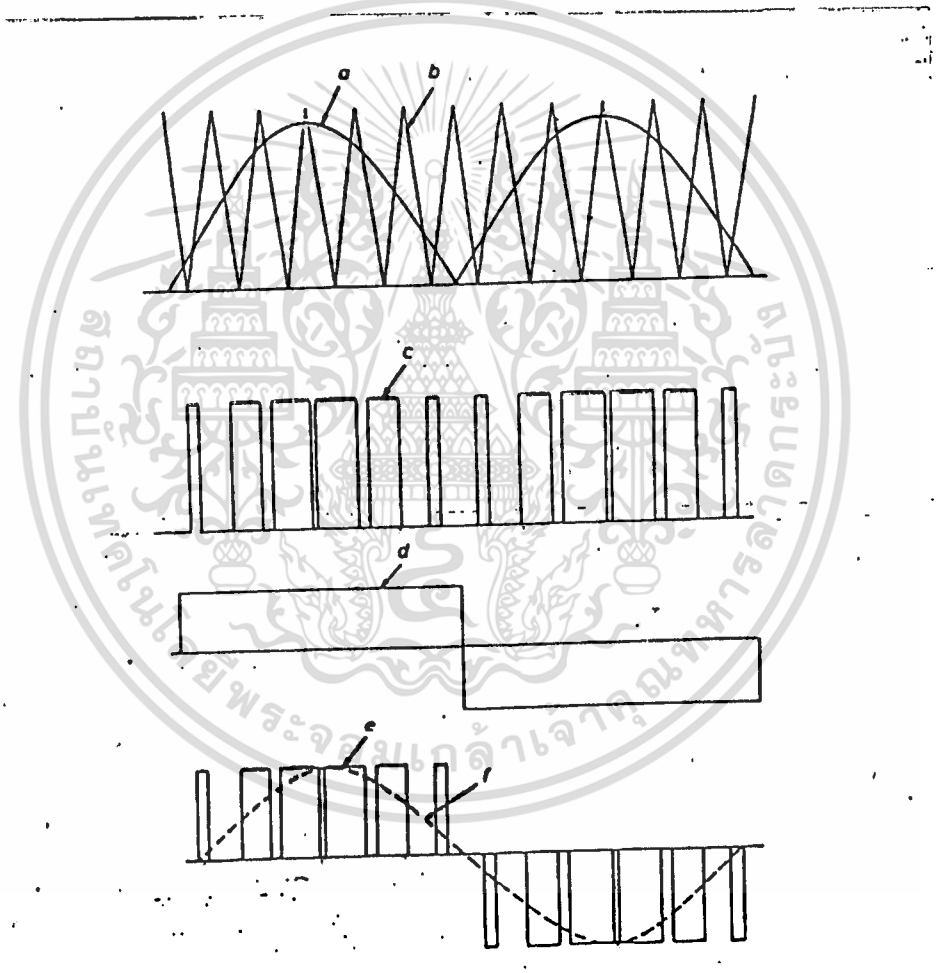
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการต่างๆในการสร้างสัญญาณพัลส์แบบมอดูเลตความกว้าง

(PWM : Pulse Width Modulat)

1)การมอดูเลตความกว้างพัลส์ โดยการสุ่มแบบตอบสนองตามธรรมชาติ (Natureal Sampled PWM) โดยส่วนมาก PWM Inverter ที่มีการควบคุมแบบอนาลอก(Analoge) จะใช้วิธีนี้ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการมอดูเลต
โดยวิธีการสุ่มแบบตอบสนองตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a คือ สัญญาณอ้างอิงของการมอดูเลตความกว้างพลัส

b คือ สัญญาณพาหะ

c คือ สัญญาณพัลส์แบบมอดูเลตความกว้าง

f คือ องค์ประกอบหลักมูลของสัญญาณพัลส์

จากรูปที่ 2.10 สัญญาณพาหะสามเหลี่ยม(Triangle Carrier Wave)จะถูกนำมาเปรียบเทียบโดยตรงกับสัญญาณรูปซายน์ (Sinusoidal Modulating Wave) เพื่อจะกำหนดช่วงเวลาหรือมุมการสวิทช์ ทำให้ได้สัญญาณพัลส์ (Pule Width) ออกมาตามรูป จุดที่สำคัญของวิธีการนี้ก็คือขอบการสวิทช์ของสัญญาณพัลส์จะเกิดจากจุดตัดระหว่างสัญญาณสามเหลี่ยมกับรูปซายน์ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ความกว้างของพัลส์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาด(Amplitude) ของสัญญาณซายน์ ณ ตรงจุดที่เกิดการสวิทช์ ความกว้างของพัลส์สามารถกำหนดได้จากสมการต่อไปนี้

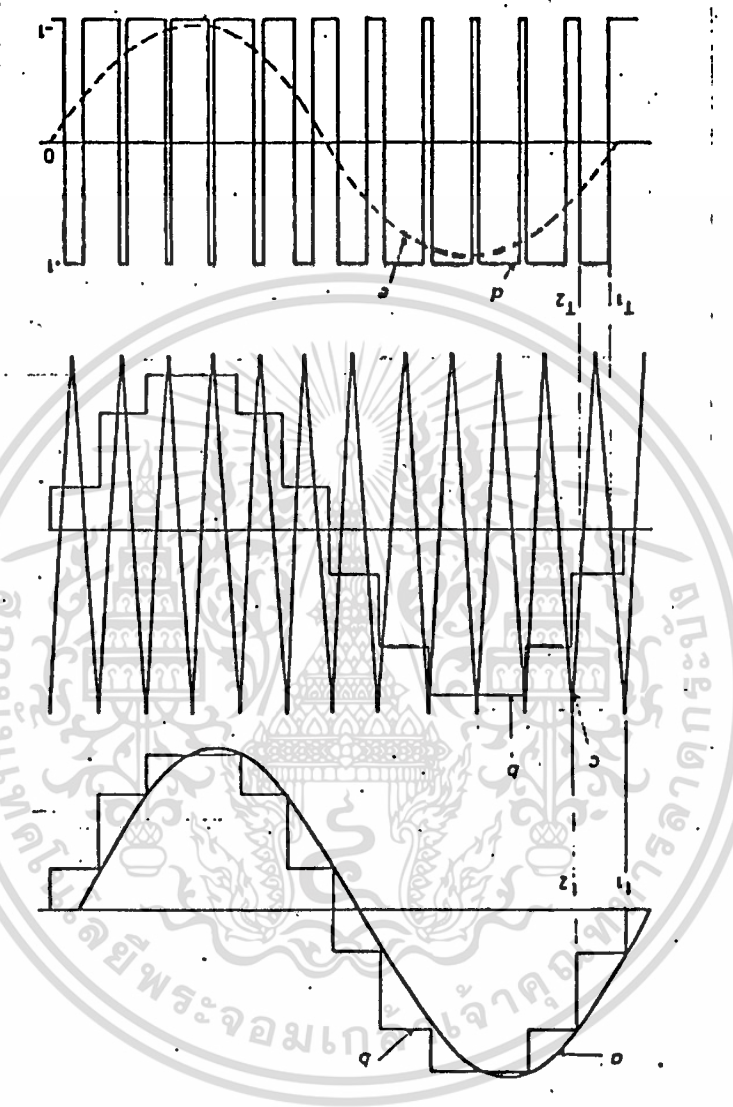
$$t_p = T/2[1+M/2(\sin w_m t_1+\sin w_m t_2)$$

M = Amplitude factor

จากสมการ จะเห็นได้ว่า เป็นสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเวลาในการสวิทช์กับขนาดของซายน์ เราจึงไม่สามารถที่จะคำนาณความกว้างของสัญญาณพัลส์ได้โดยตรงเราต้องใช้วิธีการของ Bessel function ซึ่งอาจจะต้องใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

2)การมอดูเลตความกว้างพัลส์แบบสุ่มสม่ำเสมอ (Regular Sampled PWM) อินเวอร์เตอร์ที่มีการควบคุมแบบนี้ส่วนมากจะเป็นแบบดิจิตอล หรือใช้ไมโครโปรเซอร์เป็นตัวควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการมอดูเลตโดยวิธีสุ่มสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a คือ สัญญาณอ้างอิง

b คือ สัญญาณแซมเปิลและโฮลด์(Sampled-Hold)

c คือ สัญญาณพาหะ

d คือ สัญญาณพัลส์แบบมอดูเลตความกว้าง

e คือ องค์ประกอบหลักมูลของสัญญาณพัลส์

จากรูปที่ 2.11 ขนาดของสัญญาณมอดูเลต a ที่มีการสุ่ม(Sample) ที่เวลา t_i จะถูกเก็บไว้โดยวงจรแซมเปิลโอลด์ (Sampled and Hold Circuit) และก็คงไว้ในช่วง t_i ถึง t_2 จนกว่าจะมีสัญญาณแซมเปิลลูกใหม่เข้ามา สัญญาณแซมเปิลและโฮลด์ b จะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณพาหะสามเหลี่ยม c จุดที่ตัดกันของสัญญาณทั้งสองจะใช้กำหนดช่วงเวลาการสวิทช์ (ในช่วง T_i ถึง T_2) จะได้สัญญาณรูป d ออกมา สัญญาณพัลส์ d จะมีความกว้างเปลี่ยนไปตามจุดที่มีการตัดกันของสัญญาณ c และ d ขนาดของสัญญาณพัลส์จะคงที่ไว้ในแต่ละจุดที่มีการแซมเปิล (Sample) ความกว้างของสัญญาณพัลส์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของสัญญาณรูปซายน์ a ความกว้างของสัญญาณพัลส์สามารถกำหนดได้จากสมการ ข้างล่างนี้

$$t_d = T/2(1+M \sin w_m t_i)$$

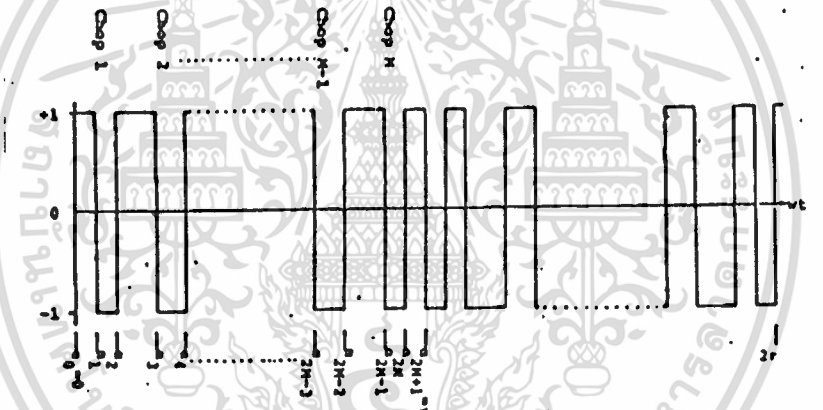
M =Amplitude factor

เทอมแรกของสมการจะสมนัยกับ ความกว้างของสัญญาณพาหะสามเหลี่ยม (Unmodulated Carier-Frequency Pulse Width) และเทอมที่สองจะสมนัยกับสัญญาณรูปซายน์ (Sinusiodal Modulation) ที่เวลา t_i สมการนี้เราสามารถที่จะคำนวณความกว้างของพัลส์ได้ โดยตรงโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ วิธีการ Regular Sampling นี้สามารถกำเนิดความถี่หลักมูลของ PWM Inverter ได้จาก 0 ถึง 100 H_z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3)การมอดูเลตความกว้างพัลส์แบบดีที่สุด (Optimised PWM)

ข้อได้เปรียบของวิธีการ Optimissed PWM นี้ก็คือสามารถที่จะกำจัดฮามอนิคส์(Harmonics Elemination) ที่ไม่ต้องการได้ ซึ่งต้องใช้วิธีการควบคุมแบบดิจิตอลเท่านั้น เราจะต้องคำนวณรูปแบบ (Patten) ของการสวิทช์ออกมาก่อนโดยใช้ Fourier Serie Method แล้วจึงนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครโปรเซสเซอร์ แล้วให้หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) สแกนหาค่า Address ของความถี่หลักมูลที่เก็บเอาไว้ออกมาใช้ ตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 สัญญาณพัลส์ที่เกิดจากวิธี Optimised

จากวิธีการกำเนิดสัญญาน PWM ทั้งสามแบบ เรามาพิจารณากันว่าจะใช้วิธีควบคุมแบบอนาลอกหรือดิจิตอล ซึ่งถ้าใช้อนาลอก เมื่อจะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญานเอาต์พุต ก็อาจจะต้องเปลี่ยนฮาร์ฟแวร์ ทำให้ยุ่งยากแต่ถ้าใช้ดิจิตอลเราจะเปลี่ยนเฉพาะซอร์ฟแวร์เท่านั้น โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้สร้างสัญญาน PWM แบบอนาลอกนั้นหายากมากในประเทศไทย

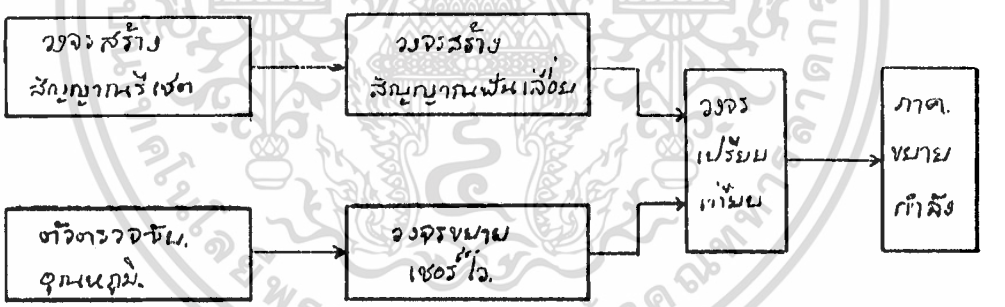
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ส่วนควบคุมอุณหภูมิ

ในส่วนควบคุมจะเป็นลักษณะแบบ ควบคุมความกว้างของพัลซ์ (pulse width modulat controler)ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลซ์โดยให้ความถี่ฐานคงที่แล้วเอาความกว้างของพัลซ์ ไปควบคุม ทรานซิสเตอร์ กำลัง จึงทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดความร้อนจะเป็นพัลซ์ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลซ์จะขึ้นอยู่อุณหภูมิ ภายในตู้ความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวดความร้อนจะเกิดขึ้นเป็นห้วงๆ พลังงานความร้อน ที่แผ่กระจายออกมาจะเป็นปริมาณเฉลี่ยของพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นห้วงๆในส่วนวัดและควบคุมอุณหภูมิ มีบล็อคไดอะแกรมดังนี้



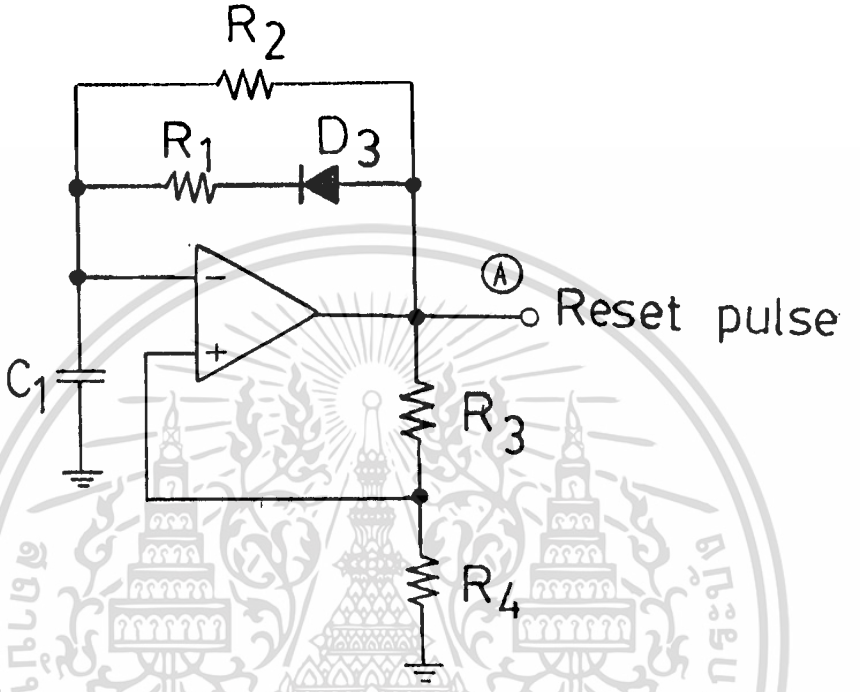
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมของวงจรวัดและควบคุมอุณหภูมิ

จะเห็นว่าในส่วนของวงจร pulse width modulat จะมีวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นฟันเลื่อย เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้จากส่วน วงจรขยายเซอร์โว ผลที่ได้จากเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ จะเป็นลักษณะความกว้างของพัลซ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามแรงดันเอาท์พุทของวงจร ขยายเซอร์โว สัญญาณความกว้างของพัลซ์ที่ได้นี้จะส่งผ่านวงจรขยายกำลัง(power drive) เพื่อให้พลังงานแก่ขดลวดความร้อน รายระเอียดส่วนต่างๆจะมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกำเนิดสัญญาณรีเซต

ในส่วนนี้จะใช้วงจร ออป แอมป์ทำงานร่วมกับวงจร RC ในการผลิตสัญญาณรีเซ็ตเราต้องการสัญญาณรีเซตที่มีความกว้างของพัลซ์แคบๆ



รูปที่ 3.2 วงจรสร้างสัญญาณรีเซ็ต

จากวงจรข้างบนเราจะได้วงจรกำเนิดสัญญาณรีเซตตามต้องการ ในขณะที่ C1 ทำการเก็บประจุ (charge) ประจุผ่านทาง R1,D3 จะทำให้เกิดพัลซ์บวก ที่มีความกว้างพัลซ์แคบ ซึ่งค่าเวลา (t1) สามารถหาได้จากสมาการ

$$Ef = E - (E - Ee)\exp(-t1/R1C1)$$

ที่ Ef = 20.25v Ee = 6.75v E = 27v R1 = 4.7 K C1 = 0.001 uF

แทนค่าจะได้ t1 = 5.27 us

ส่วนพัลซ์ลบเกิดจากการ คายประจุ ของ C1 ผ่านทาง R2 ซึ่งค่าเวลา (t1) จะสามารถหาได้จากสมาการ

$$Ee = Ef\exp(-t2/R2C1)$$

ที่ Ee = 6.75v Ef = 20.25v R2 = 120 K C1 = 0.001 uF

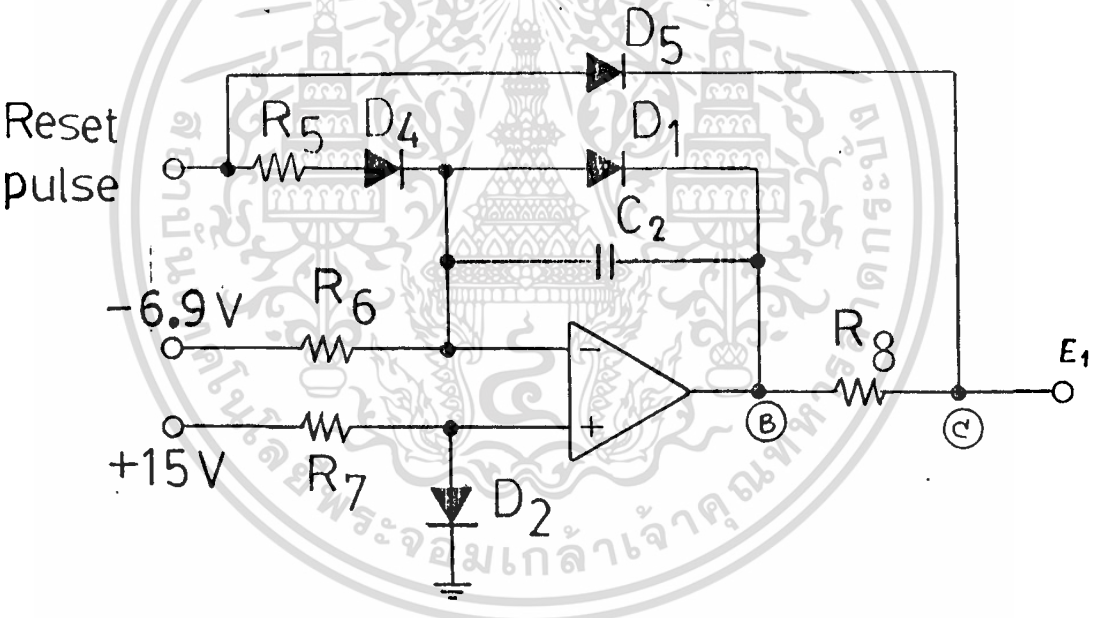
แทนค่าจะได้ t2 = 131.83 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณเราได้พัลซ์รีเซตตามต้องการ เราจะสังเกตเห็นว่าค่าของ R1<R2 ทำให้ค่าเวลาของ t1<t2 เพราะฉนั้นเราสามารถกำหนดค่าของ t1,t2 ได้โดยการกำหนดค่าของ R1,R2

วงจรกำเนิดรูปคลื่นฟันเลื่อย

ในส่วนของวงจรกำเนิดรูปคลื่นฟันเลื่อย จะใช้วงจรอินทิเกรเตอร์โดยให้อินพุทเป็นแรงดันไฟตรง โดยอาศัยสัญญาณริเซตในการรีเซตวงจรอิทิเกรเตอร์ เพระฉนั้นความถี่ของสัญญาณฟันเลื่อยจะเท่าความถี่ของสัญญาแรีเซตพัลซ์ D1 มีไว้เพื่อรีเซตวงจรอินทิเกรเตอร์ ส่วน D2 มีไว้เพื่อชดเชยแรงดันตกคร่อม D1 ในขณะริเซตเพื่อให้แรงดันเอาท์พุทเริ่มต้นที่จุดอ้างอิง



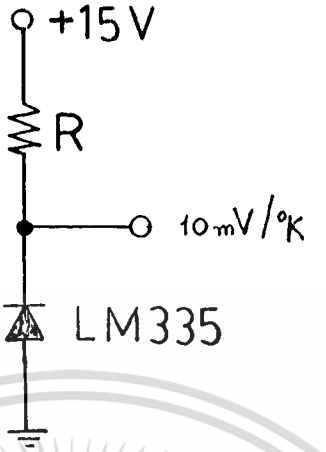
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดรูปคลื่นฟันเลื่อย

ตัววัดอุณหภูมิ

ในส่วนตัววัดอุณหภูมิเราจะใช้ตัว ตรวจจับ แบบ สารกึ่งตัวนำ ซึ่งจะมีความเป็นเชิงเส้นดีและมีความเหมาะสมที่ตัววัดและตัวควบคุมอยู่ห่างกันและอีกอย่างหนึ่งอุณหภูมิใช้งานจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ ในโครงงานนี้เราเลือกใช้เบอร์ LM335 ซึ่งจะทำงานในลักษณะ ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ตัวตรวจจับตัวนี้จะมีความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันตกคร่อมตัวมันกับอุณหภูมิรอบตัว LM335 จะให้แรงดันเอาท์พุทตกคร่อม LM335 เท่ากับ 10 mV/°K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการกำหนดค่า R =2.6 K วงจรดังรูปข่างล่าง



รูปที่ 3.4 ตัววัดอุณหภูมิ

วงจรเซอร์โว (SERVO AMPLIFIER)

วงจรนี้จะเป็นวงจรตั้งค่าเป้าหมาย (setpoint)ของวงจรควบคุมอุณหภูมิ โดยจะจัดวงจรในลักษณะ วงจรขยายแบบบวกกระแส (current summing servo amplifier)โดยนำค่า I1,I2 บวกกันซึ่ง I1,I2 มีทิศทางสวนกันผลก็คือ I1,I2 หักล้างกัน Io เกิดจากความแต่ต่างของค่า I1,I2 จะทำให้ C2 ก็จะทำการเก็บประจุ (charge) ทำให้เกิดแรงดัน Eo ขึ้น เมื่อ I1 เท่ากับ I2 จะทำให้ Io = 0 จะทำให้ค่า Eo คงที่หมายความว่าอุณหภูมิอยู่ที่ค่า set point แต่แรงดัน Vc จะ คายประจุ (discharge) ผ่าน Rcom แต่ค่า Rcom มีค่าสูงฉนั้นค่า time constance นาน จะทำให้แรงดัน Vc ลดลง แรงดัน Eo ก็จะลดลงด้วยส่งผลให้ I2 ลดลง ซึ่งเกิดจาก การป้อนกลับของอุณหภูมิ (Thermal Feedback) ผ่านตัววัดอุณหภูมิจะทำให้มี Io เกิดขึ้นทำให้แรงดัน Eo สูงขึ้น I2 ก็จะลดลงการทำงานก็จะเป็นลักษณะเช่นนี้

จากวงจรจะได้ $I_o + I_2 = I_1$

ที่จุด set point จะทำให้ $I_o = 0$

ฉนั้น $I_2 = I_1$

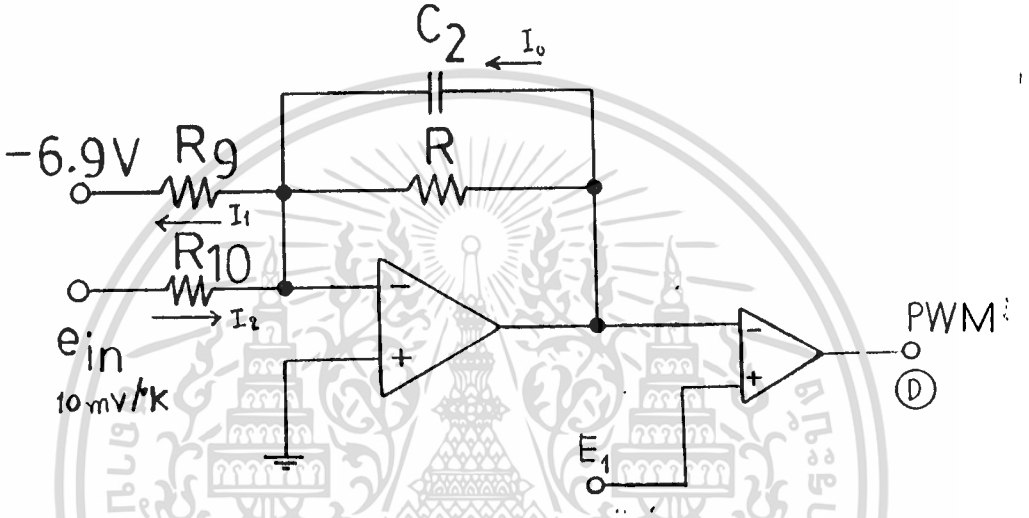
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$\frac{e_1}{R_9} = \frac{e_{in}}{R_{10}}$$

เราสามารถหาค่า set point ได้จาก

$$R_{10} = e_{in} * 10K$$

6.9

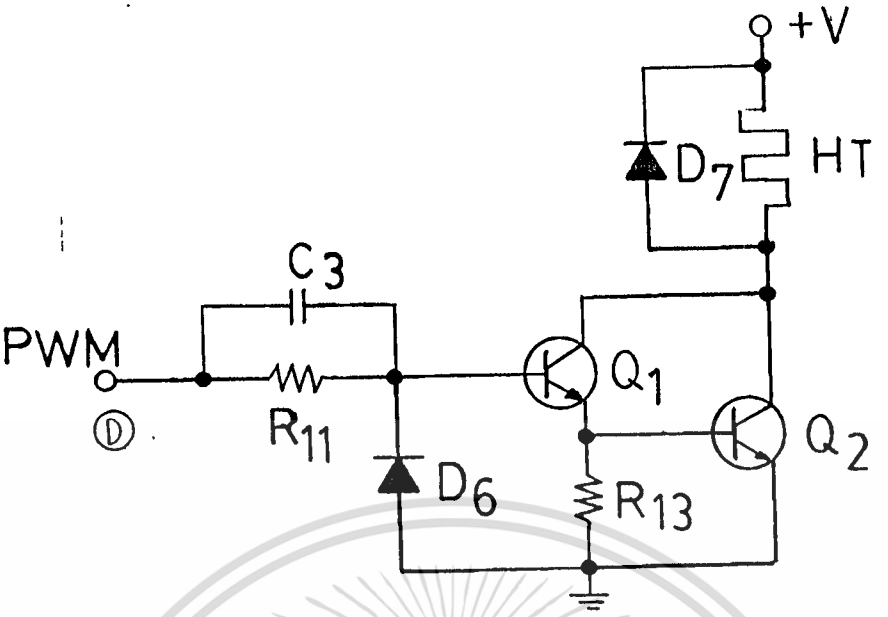


รูปที่ 3.5 วงจรขยายเซอร์โว

วงจรขยายกำลัง (POWER DRIVER)

เป็นส่วนที่ขับขดลวดความร้อน จะใช้วงจรทรานซิสเตอร์คู่ต่อในลักษณะดาลิงตัน จะมีลักษณะการทำงานสองสภาวะคือ อิ่มตัว(saturate)และหยุดทำงาน (cutoff) เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานในลักษณะนี้ จะช่วยลดกำลังสูญเสียภายในทรานซิสเตอร์ได้ ซึ่งเป็นจุดที่เราให้ความสำคัญมากเพราะเวลาในการใช้งานนาน ส่วน C1จะช่วยให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเร็วขึ้นเพราะในช่วงแรกกระแสเบสจะผ่านทาง C1 และR1เส่วน D6 จะช่วยลด ไบอัสกลับ ระหว่างขา เบส และ อิมิเตอร์ ของ Q1,Q2 เพื่อไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ส่วน D7 จะป้องกันทรานซิสเตอร์ในขณะหยุดทำงานไม่ให้เสียหาย เนื่องจาก ขดลวดความร้อน (Heater)ยังมีคุณสมบัติเป็นขดลวดอยู่จึงเกิดแรงดันย้อนกลับขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ถ้าหากไม่มี D7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรขยายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุมเวลา

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยควบคุมเวลาเบอร์ LM 8361 เป็นไอซีนาฬิกา ลักษณะการทำงานจะบอกเวลาแบบ 12 ชั่วโมง ซึ่งจะต้องมีสัญญาณ AM และ PM ที่บอกว่าเป็นเวลาชั่วงไหนซึ่งเราจะนำสัญญาณ AM ใช้ในการนับจำนวนวันซึ่งจะต้องใช้ไอซีนับอีก 2 หลักในการนับวันและจะแสดงผลเป็นจำนวนตัวเลข ความถี่ฐานเวลาที่ใช้กับไอซีเบอร์นี้มีสองค่าคือ 50 Hz และ 60 Hz โดยควบคุมที่ขา 36 ถ้าต่อไฟบวกจะใช้ความถี่ 50 Hz ถ้าปล่อยลอยไว้เฉยๆจะใช้ความถี่ 60 Hz ในวงจรนี้จะใช้ความถี่ 60 Hz เนื่องจากมีไอซีหารความถี่ให้ได้ 60 Hz โดยความถี่อินพุทเทากับ 3.579 MHz คือเบอร์ MM 5369N ซึ่งจะทำให้เวลามีความถูกต้องสูง ในวงจรเวลาจะมีวงจร Back up เพื่อไม่ให้วงจรทำงานผิดพลาดในเวลาที่ไฟดับชั่วขณะ ในขณะทำการฟักไข่ จะทำให้เวลาและวันไม่ผิดพลาด

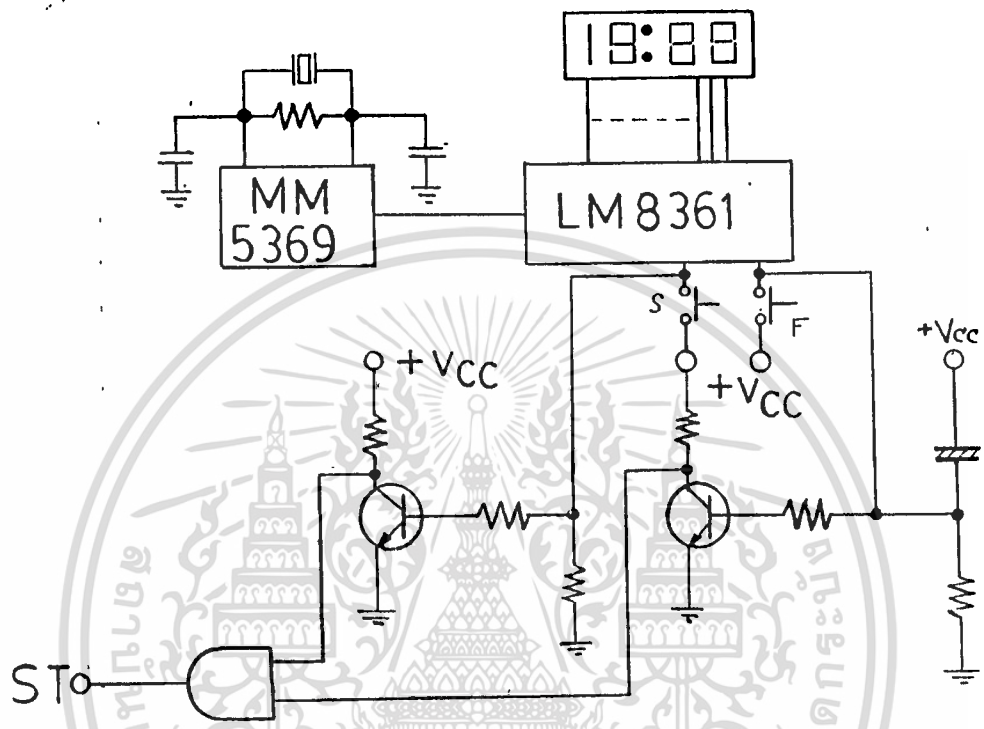
ในส่วนของการกลับไข่เราจะใช้กลไก ขับโดย ดีซี มอเตอร์ในการกำหนดการทำงานเราจะต้องอาศัยเวลาเป็นตัวกำหนด โดยกำหนดให้กลับ 2 ชั่วโมงต่อครั้ง โดยการนำเอาสัญญาณหลักหน่วยของชั่วโมงจาก LM 8361 มาเข้ารหัสให้มีสภาวะ "1"อยู่ 1 ชั่วโมง และ มีสภาวะ"0"อยู่ 1ชั่วโมง

วงจรฐานเวลา

วงจรฐานเวลาจะเป็นตัวควบคุมเวลา ของวงจรในการควบคุมการทำงานของกระบวนการกลับไข่ให้กระทำกระบวนการสองชั่วโมงต่อครั้ง ตัวฐานเวลาจะใช้ไอซีหารความถี่ เบอร์ MM5369N ซึ่งจะหารความถี่จาก 3.579 เมกะเฮิตร์ ให้เป็น 60 เฮิตร์ ซึ่งจะเป็นฐานเวลาให้กับไอซีนาฬิกา LM8361 ซึ่งจะทำงานในโหมดเวลาตามปกติ แต่จะไม่มีผลต่อการทำงานของส่วนอื่น ๆ แล้วยังทราบเวลาปกติด้วย และวงจรจะมีส่วนป้องกันไม่ให้ มีการรบกวนการทำงานของวงจรการควบคุม เนื่องจากมีการตั้งเวลาให้เป็นเวลาปกติ (จะทำให้เอาท์พุทเกิดเป็นสัญญาณพัลซ์ขึ้น) คือ จะมีวงจรในส่วนของ Q_1 .Q_2 และD_2 ตัวที่ 2 เอาท์พุทของวงจรจะเป็นสัญญาณควบคุมไปหยุดการทำงานของหน่วยควบคุม และในสภาวะแรกเมื่อจ่ายไฟเข้าวงจรจะทำให้เอาท์พุทของไอซี LM8316 กระพริบ เราจึงมีวงจร R_{10} และ C_8 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเพื่อให้ขา 32 ของไอซี LM8316 เป็นระดับสูงชั่วขณะหนึ่งจะไม่ทำให้เอาท์พุทเกิดการกระพริบ

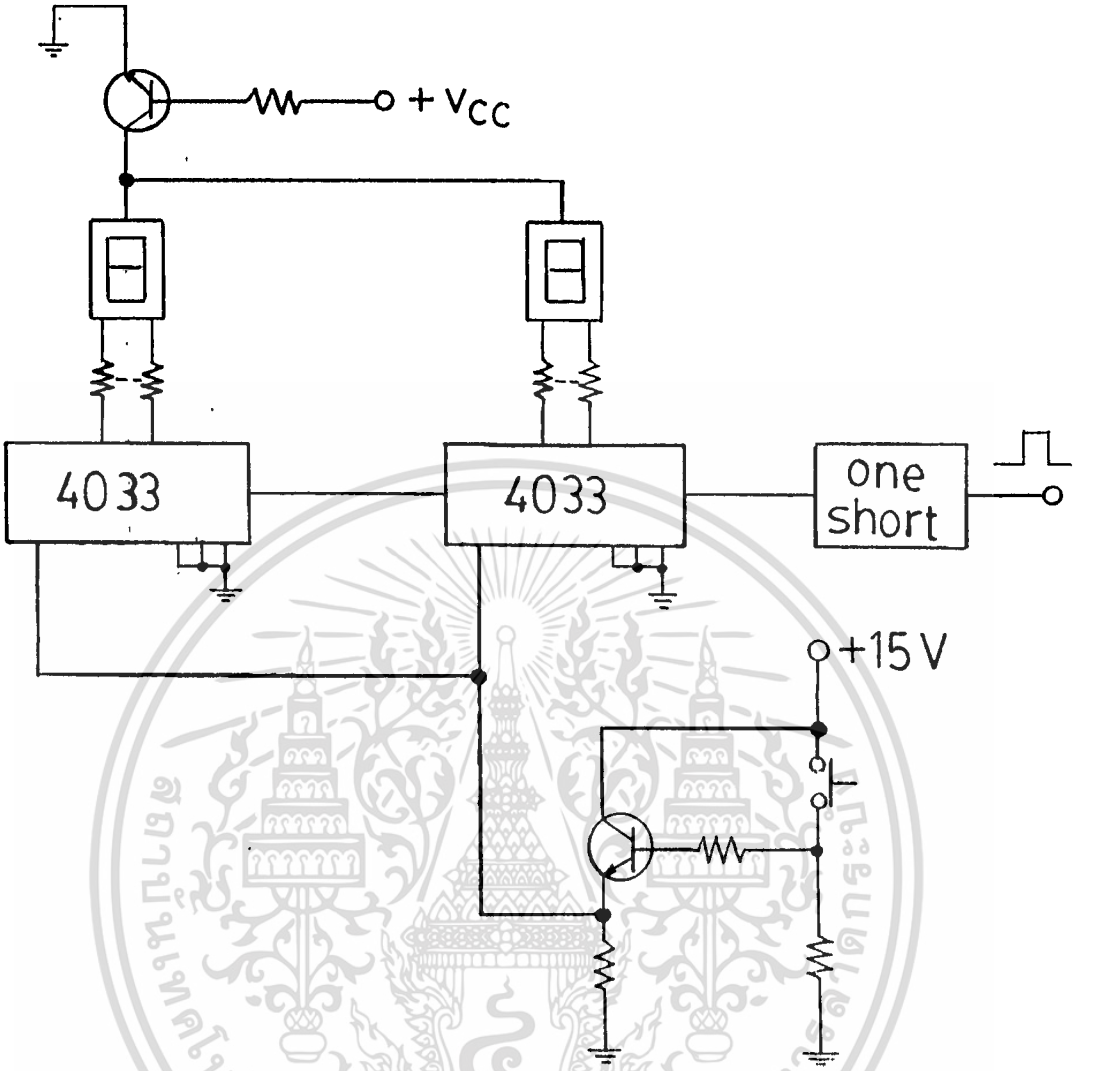


รูปที่ 3.7 วงจรฐานเวลาและแสดงผล

วงจรนับวัน

วงจรนี้เราออกแบบให้เป็นวงจรนับสิบ (Decade Counter)จะทำการนับวันโดยอาศัยสัญญาณ AM จากวงจรฐานเวลา LM8361 จะผ่านวงจรโมโนสเตเบิ้ล (Monostable) เพื่อสร้างสัญญาณพัลซ์หนึ่งลูกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากระดับต่ำเป็นระดับสูง สวนวงจรนับจะใช้ไอซีเบอร์ 4033B ซึ่งจะมีวงจรภายในเป็นทั้งวงจรนับสิบพรอมทั้งวงจรถอดระหัสเจ็ดเซ็กเมนต์ด้วย และจะแสดงด้วยไดโอดเจ็ดเซ็กเมนต์ วงจรจะมีส่วนแหล่งจ่ายไฟสำรอง(Back up) เพื่อไม่ให้ข้อมูลหายเนื่องจากกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เพราะฉนั้นเราจะไม่ให้ไดโอดเจ็ดเซ็กเมนต์ติดเมื่อไฟดับ จะมีทรานซิสเตอร์ Q_4 เป็นตัวควบคุมอยู่ เมื่อไฟดับทรานซิสเตอร์ Q_4 ไม่ทำงาน แต่วงจรยังคงทำงานอยู่ ส่วน Q_3 ระเป็นส่วนของวงจรรีเซ็ตการนับวันและวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

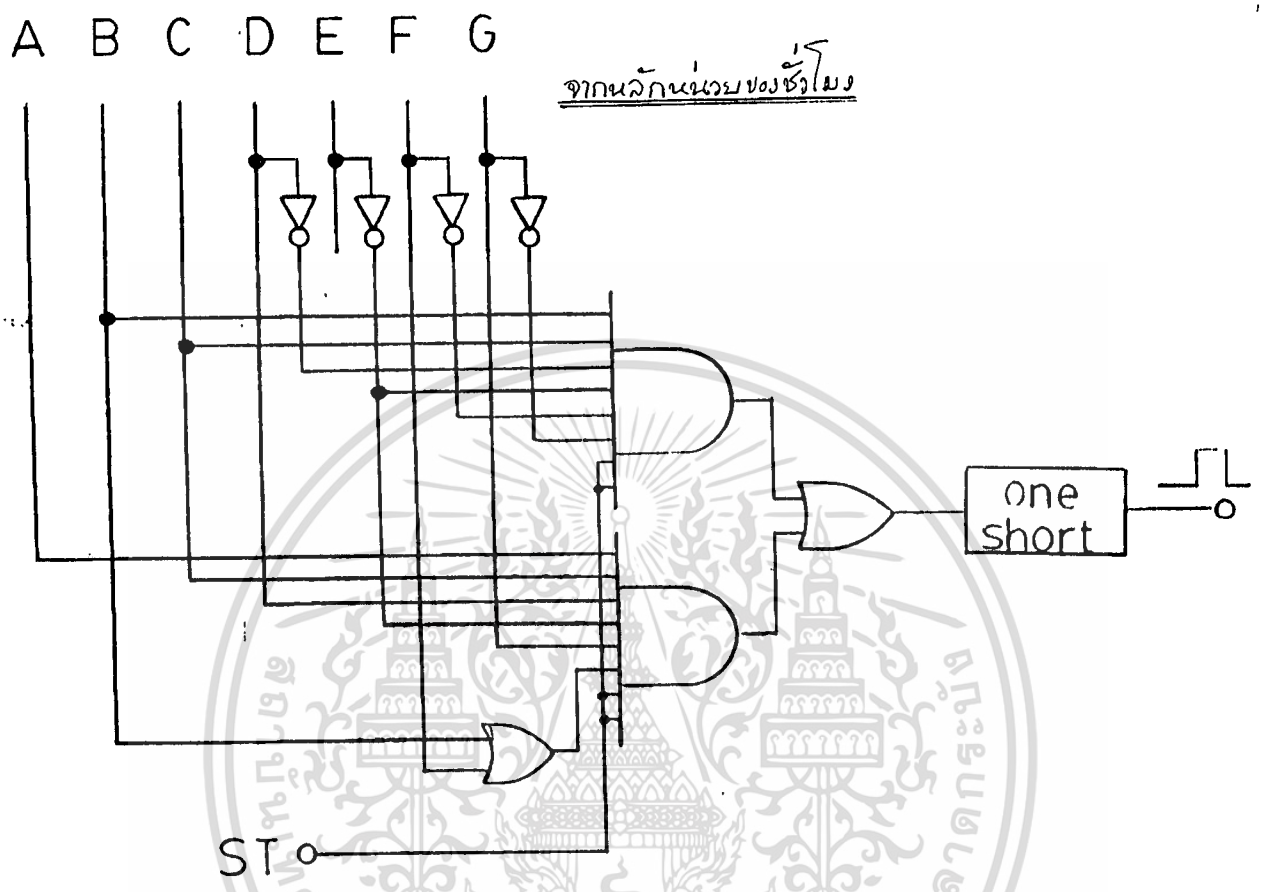


รูปที่ 3.8 วงจรนับวัน

วงจรสร้างสัญญาณควบคุมมอเตอร์

เนื่องจากเราต้องการสัญญาณเอาท์พุท เป็นสัญญาณพัลซ์หนึ่งลูกทุก ๆ สองชั่วโมง เราจะต้องนำเอาหลักหน่วยของชั่วโมง ของวงจรฐานเวลา LM8361 มาทำการสร้างสัญญาณให้ได้เอาท์พุทตามต้องการโดยใช้วงจรคอมบิเนชั่น(Combination) และให้วงจรทำงานร่วมกับวงจรโมโนสเตเบิ้ล เพื่อให้ได้สัญญาณพัลซ์หนึ่งลูก เมื่อเอาท์พุทของวงจรคอมบิเนชั่น เปลี่ยนแปลงจากระดับต่ำเป็นระดับสูง ดังในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

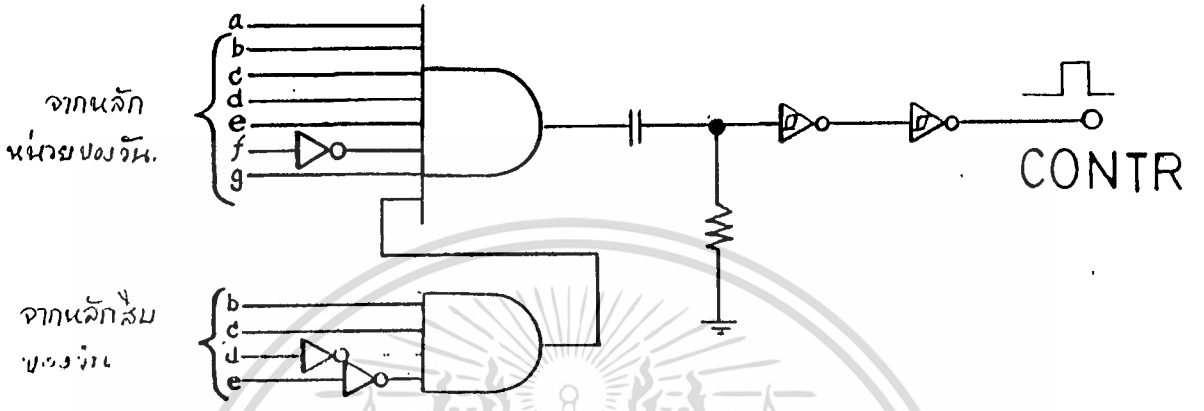


รูปที่ 3.9 วงจรสร้างสัญญาณควบคุมมอเตอร์

วงจรตรวจเช็ควัน

ในระบบของเราจะหยุดการกลับไข่ในวันที่ 19 ของการฟักโดยการนำเอาสัญญาณจากวงจรนับวัน มาเข้าวงจรคอมบิเนชั่น ประกอบกับวงจรโมโนสเตเบิ้ลทำให้เอาท์พุทออกมาหนึ่งพัลซ์ นำไปควบคุมวงจรควบคุมมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

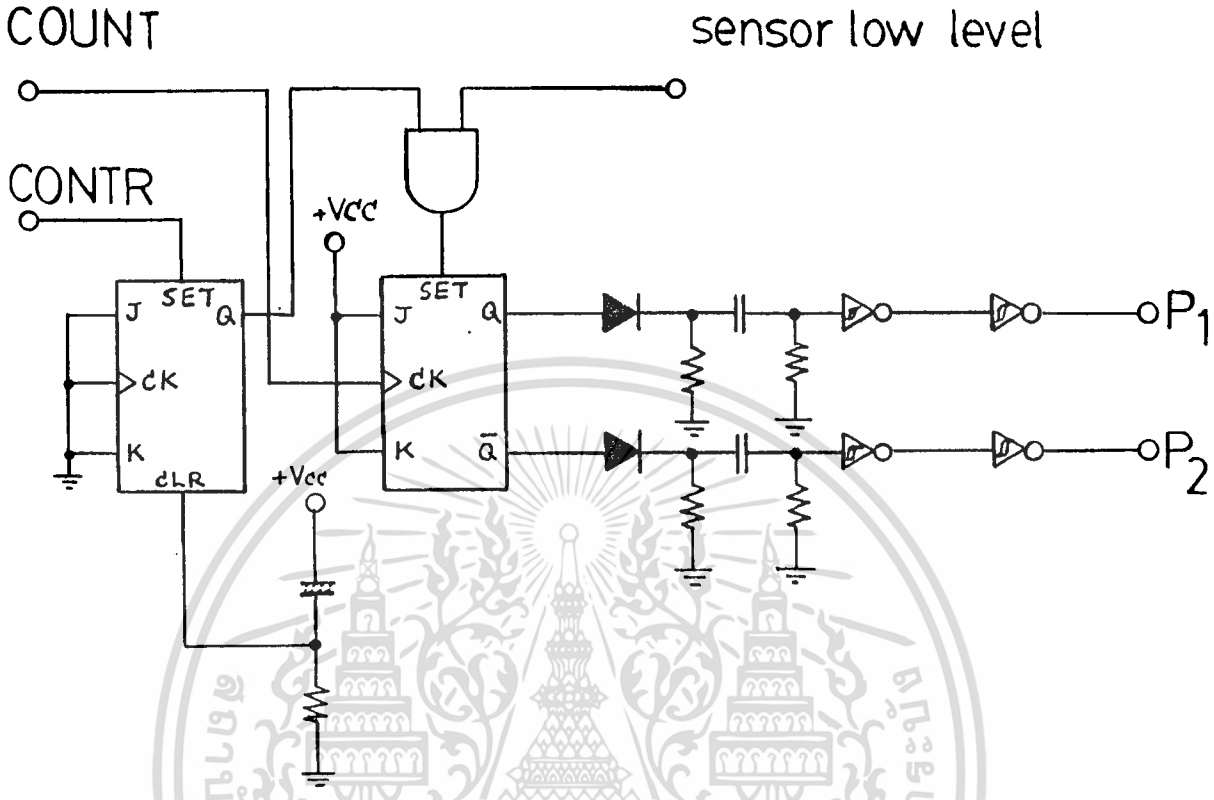


รูปที่ 3.10 วงจรตรวจเช็ควัน

วงจรควบคุมมอเตอร์

เนื่องจากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนได้สองทิศทาง และสามารถควบคุมให้หยุดหมุนได้ตามต้องการ เราจะใช้วงจรฟลิปฟลอปในการควบคุมทิศทางการหมุนและจะมีส่วนของวงจรโมโนสเตเบิ้ลในการสร้างพัลซ์ทริกหนึ่งพัลซ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ U_{15} ตัวที่ 1 สัญญาณที่ทำให้ U_{15} ทำงานจะได้มาจากวงจรส่วนสร้างสัญญาณควบคุมมอเตอร์ ซึ่งจะมีสัญญาณส่งมาทุก ๆ สองชั่วโมง และส่วนควบคุมให้ มอเตอร์หยุดหมุน เมื่อถึง 19 วันแล้วจะทำงานโดย U_{15} ตัวที่ 2 ซึ่งจะทำงานร่วมกับตำแหน่งต่ำสุดของมอเตอร์ เมื่อเป็นไปตามเงื่อนไข จะมีสัญญาณไปทำการเช็ควงจรควบคุมทิศทางการหมุน ไม่ให้ทำงานถึงแม้ว่าจะมีสัญญาณมาจากส่วนสร้างสัญญาณพัลซ์ก็ตาม

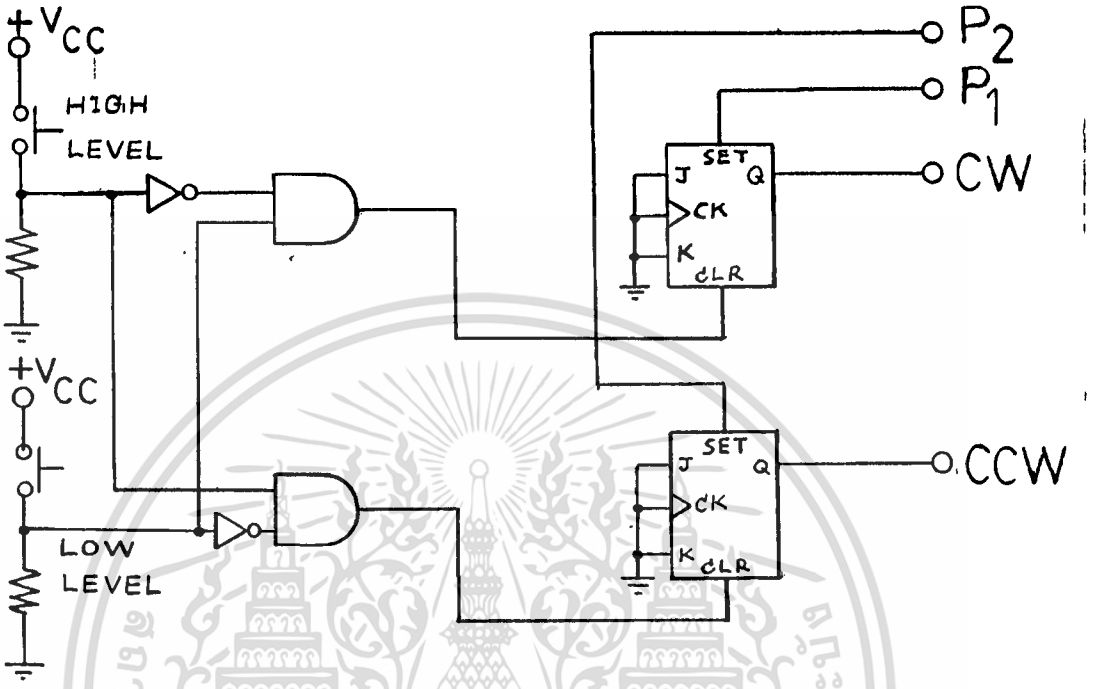
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์เป็นส่วนที่สามารถควบคุมให้มอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงานก็ได้โดยจะเอาสัญญาณพัลซ์ทริกจากวงจรควบคุมทิศทางการหมุน มาทำการเซ็ตวงจรฟลิปฟลอปให้ทำงาน และจะมีไมโครสวิทช์มาทำเป็นลิมิตสวิทช์ ในการตรวจจับตำแหน่งของมอเตอร์ มีตำแหน่งสูงกับตำแหน่งต่ำ แล้วจะไปทำการรีเซ็ตวงจรพลิปฟลอปให้หยุดการทำงาน

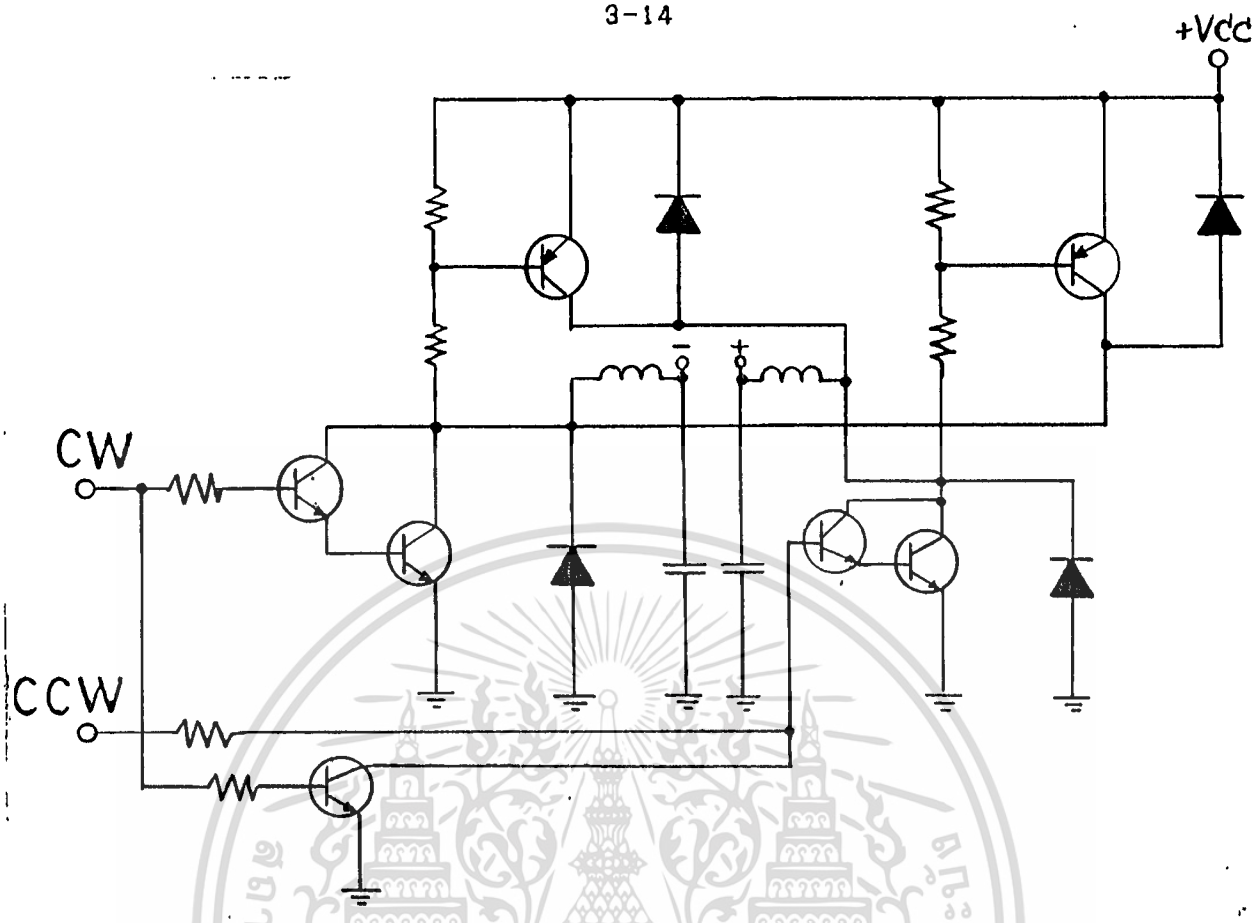
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรขับมอเตอร์และรีเซ็ตการทำงาน

ซึ่งเป็นส่วนขยายกำลังในการขับ ดีซี มอเตอร์ ให้หมุนได้สองทิศทางซึ่งจะประกอบไปด้วย Q_1, Q_2 และ Q_3 จะเป็นวงจรขับมอเตอร์ ให้หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา แต่เมื่อต่อเข้ากับระบบกลไกแล้วจะเป็นการหมุนลง ซึ่งส่วนภาคหน้าจะต่อในลักษณะ NPN ดาลิงตัน และเมื่อ Q_4 Q_5 และ Q_6 ทำงานจะเป็นการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ในระบบกลไกจะเป็นการหมุนขึ้นและส่วนภาคหน้าจะต่อในลักษณะ NPN ดาลิงตัน เช่นกัน ส่วนภาคสุดท้ายของวงจรขับกำลังต่อในลักษณะบริจด์ ซึ่งมีทรานซิสเตอร์ทั้งสองชนิดเรียกว่า NPN-PNP Bridge ส่วนไดโอด D_1-D_4 จะเป็นตัวป้องกันทรานซิสเตอร์ไม่ให้เสียหาย เมื่อมอเตอร์หยุดหมุน

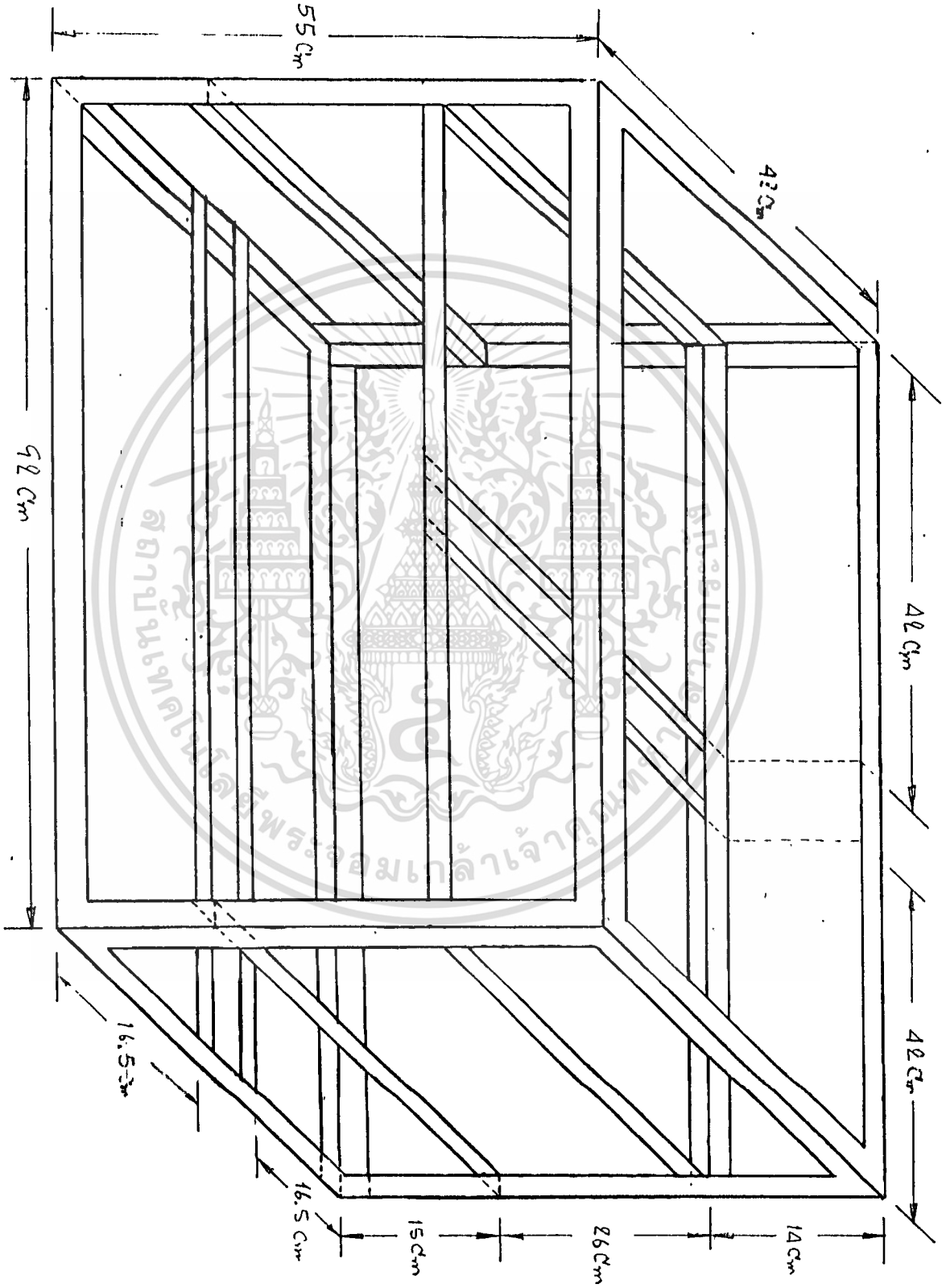
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรขับกำลังมอเตอร์

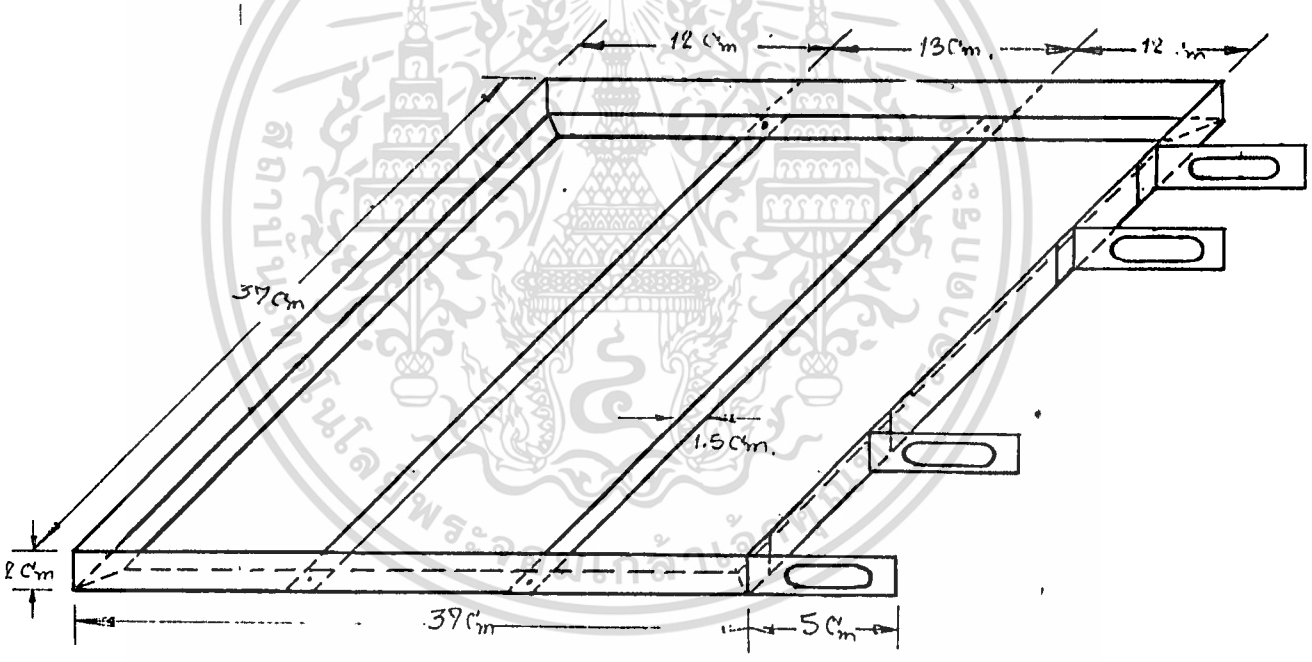
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างตู้ฟักไข่



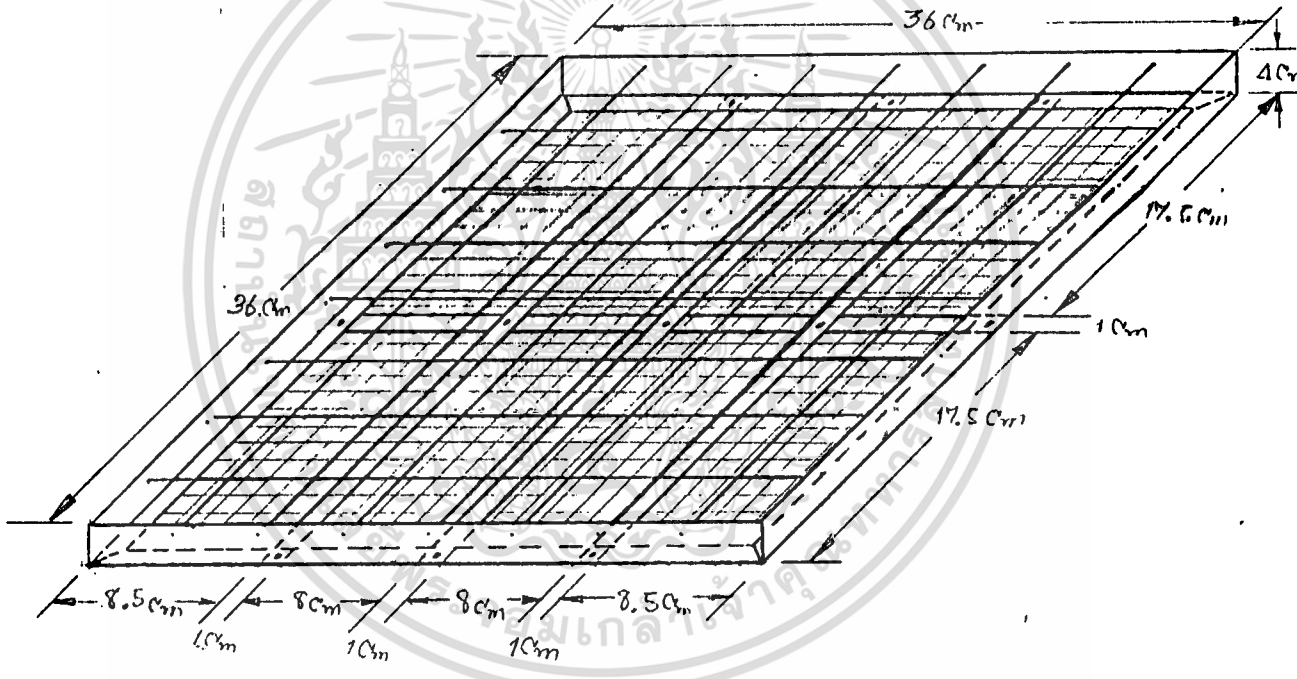
รูปที่ 3-14 โครงสร้างของตู้ฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



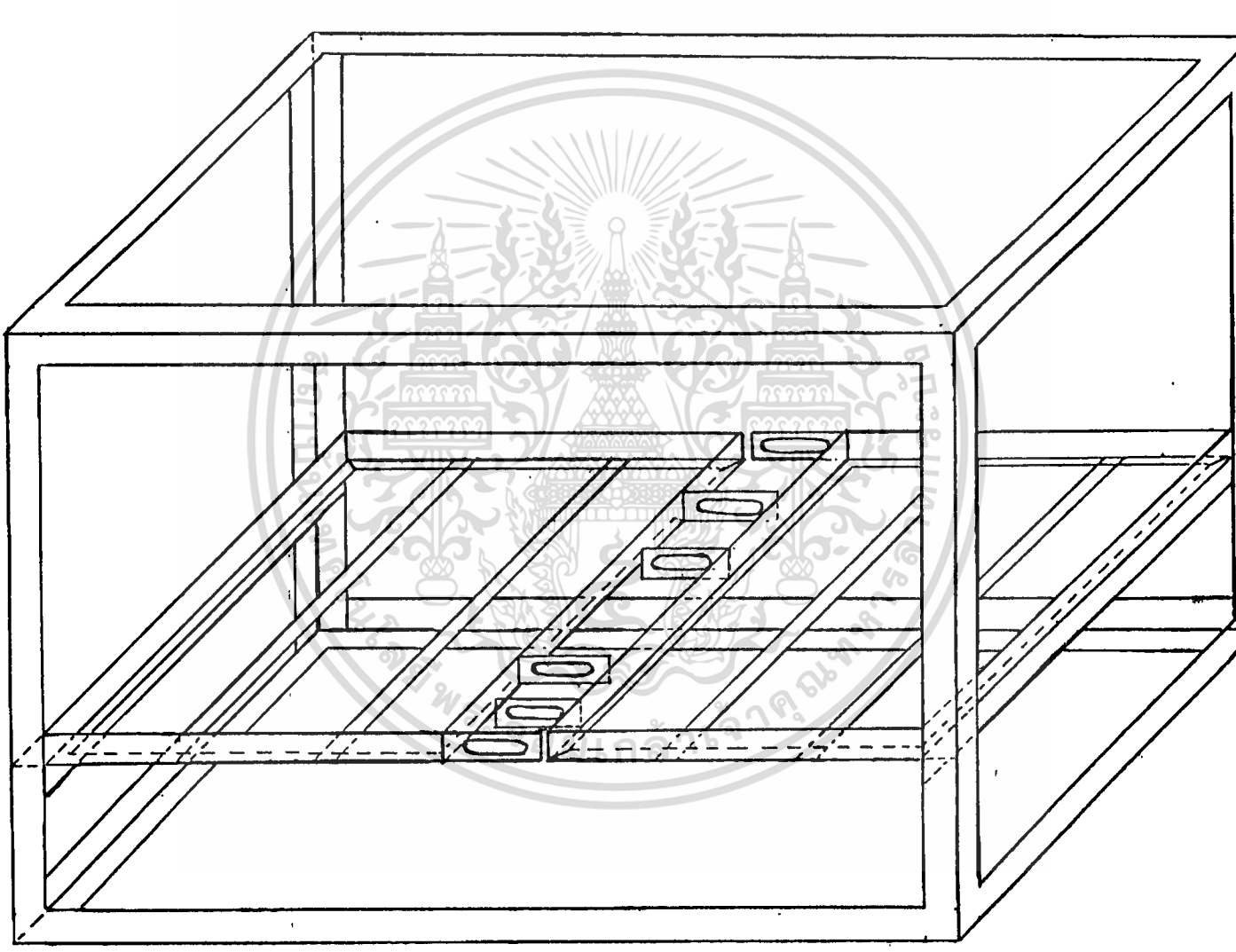
รูปที่ 3-15 ลักษณะโครงสร้างของถาดรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



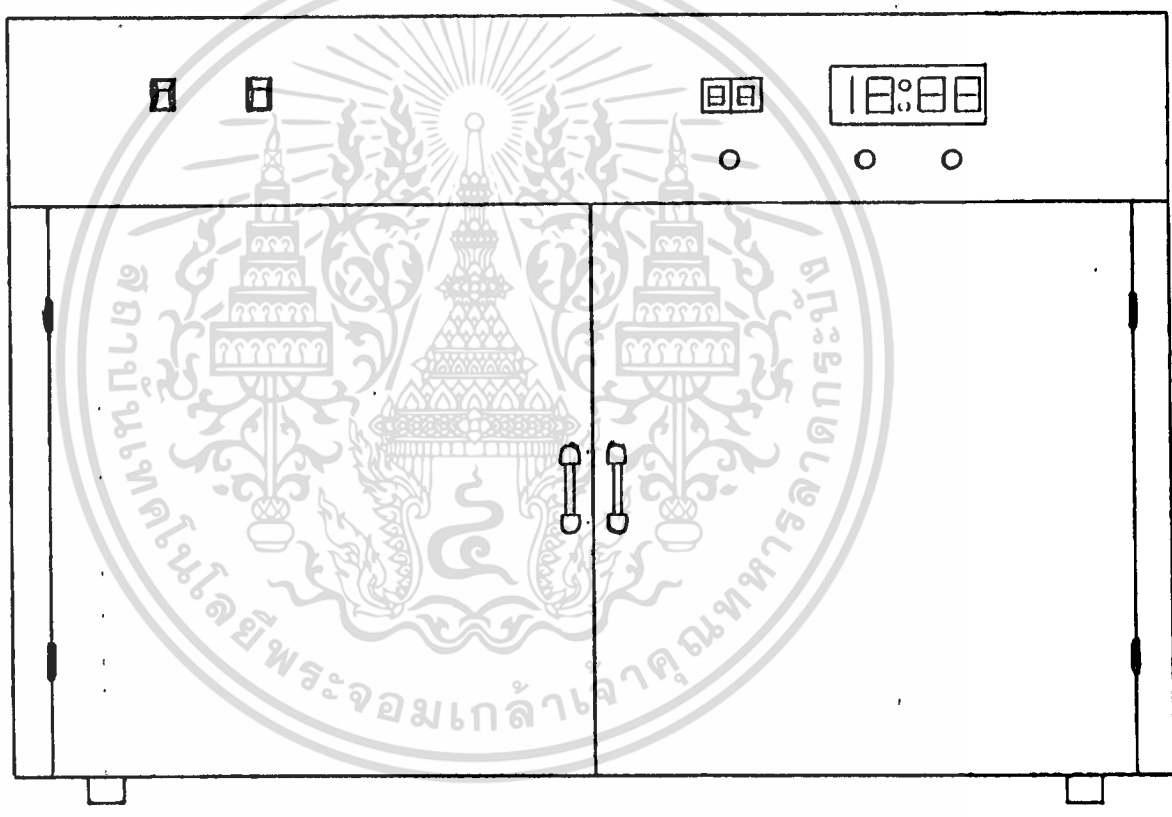
รูปที่ 3-16 ลักษณะโครงสร้างของถาดใส่ไข่เวลาฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-19 การติดตั้งถาดรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-20 ลักษณะด้านหน้าของตู้ฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรควบคุมอุณหภูมิ

เราจะนำเอาวงจรที่ได้ออกแบบไว้ มาทำการทดลองโดยจะใช้พัดลมเป่าขดลวดความร้อน กระแสลมจะพัดเอาความร้อนที่ได้จากขดลวดเข้าไปในตู้จำลอง และใช้ตัววัดอุณหภูมิ ติดไว้ในตู้จุดหนึ่ง เพื่อที่จะตรวจวัดอุณหภูมิ แล้วส่งแรงดันไปให้กับภาค ขยายเซอร์โว เพื่อที่จะเปรียบเทียบกับ set point และจะทำการเปลี่ยนความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุทเปลี่ยนแปลงผกผันกับแรงดันที่ได้จากการวัด เราจะตั้งค่า set point ไว้ที่ 37.5 "C จะได้รูปคลื่นของวงจรดังรูปที่ 4-1

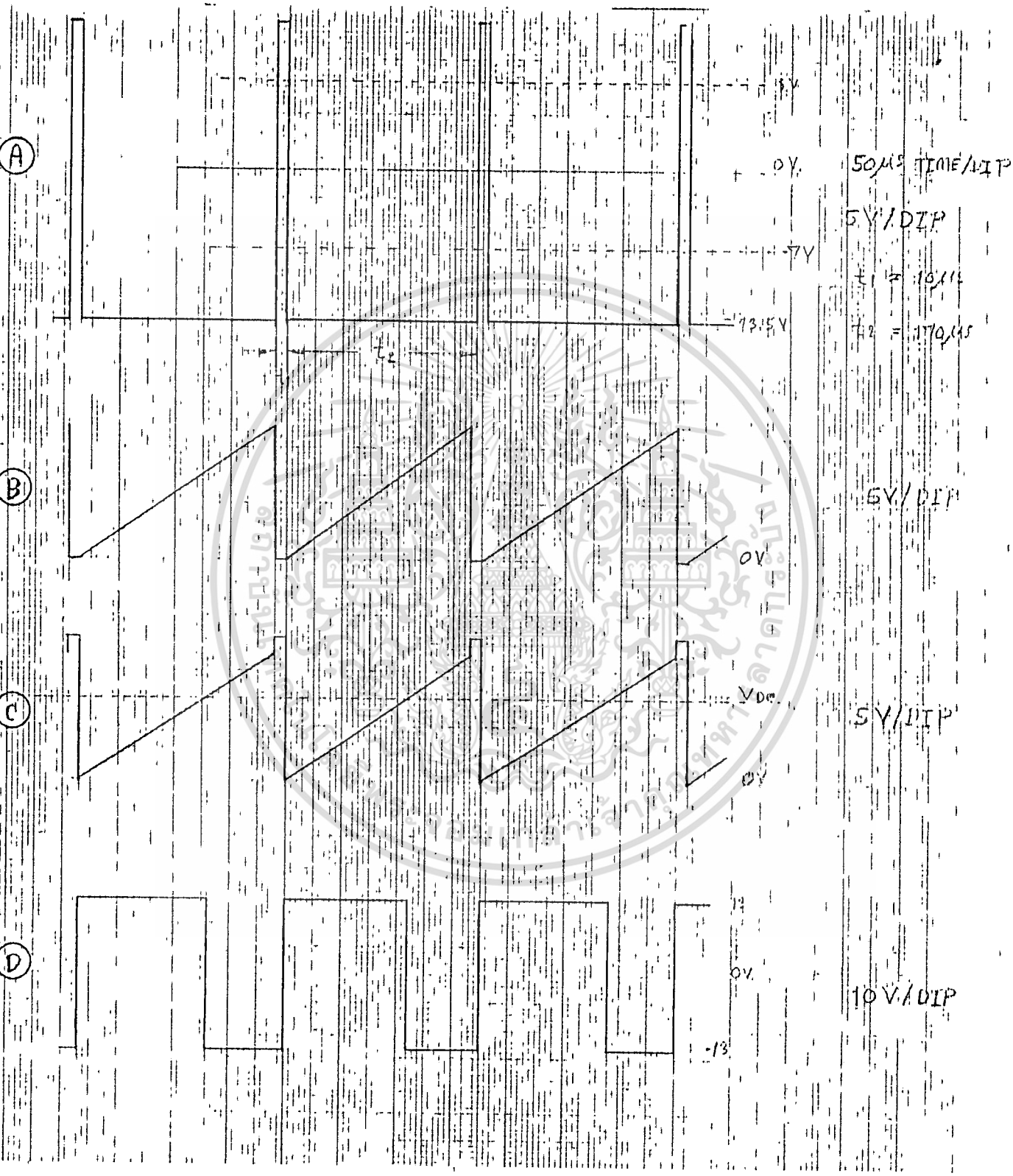
ผลการทดลองอุณหภูมิเราจะสังเกตุได้จาก เทอร์โมมิเตอร์ ที่เราแขวนไว้ในตู้ อุณหภูมิภายในตู้จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงจึงจะเข้าสู่ค่า set point จากการทดลองเราจะอ่านค่าอุณหภูมิได้ประมาณ 38 "C

4.2 การทดลองวงจรควบคุม

เราจะทำการต่อวงจรควบคุมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทำการทดลองโดยการตั้งค่าเวลาที่วงจรนาฬิกา ทำได้โดยการกดปุ่มตั้งเวลาเร็วและตั้งเวลาช้า เพื่อให้ได้จุดที่ต้องการและสังเกตุดูทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ผลการทดลองเราพบว่าการหมุนของมอเตอร์จะหมุนเมื่อเลขของหลักหน่วยของชั่วโมงเป็นเลขคี่ ซึ่งจะเป็นไปตามการออกแบบไว้ ในสภาวะแรกนั้น ทิศทางการหมุนจะถูกควบคุมโดยลิมิตสวิทช์ และจะเป็นตัวทำให้มอเตอร์หยุดหมุน เมื่อถึงจุดที่ติดตั้งลิมิตสวิทช์นั้น ๆ ไว้และเมื่อถึงวันที่ 19 วงจรควบคุมจะหยุดทำงานจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน จนกว่าจะมีการกดรีเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

จากการทดลองการควบคุมอุณหภูมิแบบ pulse width modurate จะให้ผลดี ในการควบคุมอุณหภูมิในตู้อบซึ่งมีค่าอุณหภูมิไม่สูงมากนักและอีกอย่างหนึ่งวงจรจะมีความละเอียดสูง และความไวของวงจรจะอยู่ที่ ความไวของตัววัดอุณหภูมิ และเกนการขยายของวงจร ขยายเซอร์โว และถ้าปริมาตรภายในตู้มีมากเราก็จะต้องเพิ่มขดลวดให้มากขึ้น และจะต้องเพิ่มกระแสที่ไหลผ่านขดลวดให้มากขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้กำลังงานที่ขดลวดความร้อนเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของวงจรควบคุม จากที่ได้ออกแบบไว้ วงจรจะทำการขับมอเตอร์ทุก ๆ สองชั่วโมง และมอเตอร์จะทำการหมุนในลักษณะ ทวนเข็ม-ตามเข็มนาฬิกา สลับกัน จะเป็นการเลื่อนถาดวางไข่ให้ ขึ้นและลง ตามลำดับ

การใช้งาน

ในสภาวะเริ่มแรกเราก็จะทำการเปิดเครื่องให้ทำงาน จากนั้นก็จะทำการกดปุ่มรีเซ็ต ซึ่งจะเป็นการเซ็ตวันให้เริ่มนับที่ศูนย์ และระบบก็จะเริ่มทำงานในลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ จนกระทั่งถึงวันที่ 19 ของการฟักเราก็จะทำการเปลี่ยนถาดใหม่ เป็นถาดสำหลับให้ลูกไก่เกิด และระบบของการกลับไข่ก็จะไม่ทำงาน และเมื่อถึงวันที่ 20 หรือ 21 ลูกไก่จะฟักออกเป็นตัว เราจะทำการปิดเครื่องแล้วทำการเปิดหลอดไฟในที่อยู่ในตู้ฟักเพื่อให้ความสว่างและความอบอุ่นแก่ลูกไก่ในขณะเกิดใหม่ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำมาโดยตลอด และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอย ให้กำลังใจ และ ให้คำปรึกษาขอบคุณ สโตร์ และ ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ที่เอื้อเฟื้อด้านอุปกรณ์ และสถานที่มาโดยตลอด ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ. โอกาสนี้ด้วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วรวิทย์ วณิชาภิชาต, "ไข่และการฟักไข่", หน้า 77-89 101-119 : 139-143,ฟิกสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์,2522

2. Charles E. Sporck,"Linear Applications Handbook", California,1986

3. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, "คู่มือ ไอซี CMOS 4000 SERIES",หจก.เอช-เอน การพิมพ์,2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้