ปีการศึกษา 2532

วิทยานิพนธ์ระยะไกล 6 แชนเนล

โดย

นายชัยณรงค์ พูลศิริ

นายทนงศักดิ์ ยอดพานิช

นายบุญเลิศ สุขประเดิม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. วิชัย สุรพัฒน์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026893

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2532

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล

ผู้จัดทำ

1. นายชัยณรงค์ พูลศิริ
2. นายทนงศักดิ์ ยอดพานิช
3. นายบุญเลิศ สุขประเดิม

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026893

วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล

ชัยณรงค์ พูลศิริ
ทนงศักดิ์ ยอดพานิช
บุญเลิศ สุขประเดิม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิชัย สุรพัฒน์
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล(6 channel)นี้เป็นแบบ เอเอ็ม.(AM) ความถี่ 27 เมกกะเฮริทซ์ มีกำลังส่งปานกลาง ส่งได้ในระยะทาง 50-100 เมตร เพื่อใช้ในการควบคุมแชนหุ่นยนต์ วิทยุบังคับระยะไกลนี้ประกอบด้วยเครื่องส่ง(trasmitter), เครื่องรับ(receiver)และแชนหุ่นยนต์ การส่งสัญญาณจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับนั้นจะอาศัยการผสมพัลซ์(pulse)กับความถี่วิทยุ(radio frequency)แล้วส่งไปยังเครื่องรับ เมื่อเครื่องรับรับสัญญาณได้จะส่งพัลซ์ไปยังภาคถอดรหัส(decoder)เพื่อแยกสัญญาณแต่ละแชนเนลให้กับภาคขับรีเลย์(relay drive)เพื่อตัด-ต่อไฟให้กับแชนหุ่นยนต์

เมื่อกดสวิทซ์ที่เครื่องส่งในแต่ละแชนเนลจะสามารถควบคุมให้แชนหุ่นยนต์ทำงานได้ เช่น หมุนรอบตัว, ยืด-พับข้อศอก, ขับเคลื่อนหัวไหล่, ขับเคลื่อนข้อมือและหยิบสิ่งของได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOTE RADIO CONTROLLING

CHAINARONG POOLSIRI
TANONGSAK YODPANICH
BOONLERT SOOKPRADERM
ADVISOR
ASSIST PROF. WICHAI SURAPAT
1989

ABSTRACT

The remote radio controlling is amplitude modulated which has carrier frequency 27 MHz and has medium power. It is used for controlling robot arm in the distance of 50-100 meters.

The remote radio comprise of transmitter , receiver and the display which is the robot arm. The pulses train are modulated by the radio frequency and transmitted from the transmitter to the receiver . The receiver will pass the signal to decoder and the relay drive for controlling the robot arm.

If we push the switchs at the transmitter we can control the robot arm to pick up something.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล	
2.1 เครื่องส่งวิทยุบังคับ	3
2.1.1 ภาคส่ง	5
2.1.2 ภาคสร้างรหัส	7
2.2 เครื่องรับวิทยุบังคับ	8
2.2.1 ภาครับ	8
2.2.2 ภาคอินเตอร์เฟสทีทีแอล	9
2.2.3 ภาคถอดรหัส	10
2.2.4 ภาคชับรีเลย์	11
บทที่ 3 การสร้างและการปรับแต่ง	
3.1 การสร้างและการพันคอยล์ภาคส่ง	13
3.2 การปรับแต่งภาคส่ง	13
3.3 การสร้างภาคสร้างรหัส	13
3.4 การสร้างและการพันคอยล์ภาครับ	13
3.5 การทดสอบและการปรับแต่งภาครับ	14
3.6 การสร้างภาคอินเตอร์เฟสทีทีแอล	14
3.7 การสร้างภาคถอดรหัส	14
3.8 การสร้างภาคชับรีเลย์	14
3.9 การสร้างภาคแสดงผล	14
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	18
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	19
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	สัญญาณพัลซ์ที่ส่งเข้าไปควบคุมเซอร์โว	20
รูปที่ 2	ความกว้างของพัลซ์แต่ละช่องที่ไม่ขึ้นต่อกัน	20
รูปที่ 3	เวลาของสัญญาณพัลซ์แต่ละช่อง	21
รูปที่ 4	ขบวนพัลซ์	21
รูปที่ 5	บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุบังคับ	22
รูปที่ 6	วงจรภาคส่งคลื่นวิทยุ	23
รูปที่ 7	วงจรภาคสร้างรหัส	24
รูปที่ 8	บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับวิทยุบังคับ	25
รูปที่ 9	วงจรภาครับวิทยุบังคับ	25
รูปที่ 10	วงจรภาคอินเตอร์เฟสทีทีแอล	26
รูปที่ 11	วงจรภาคถอดรหัส	26
รูปที่ 12	วงจรภาคซับรีเลย์	27
รูปที่ 13	รูปคลื่นแสดงการทำงานของภาคซับรีเลย์	27
รูปที่ 14	ลายปริ้นท์ของภาคส่งคลื่นวิทยุ	28
รูปที่ 15	ตำแหน่งการลงอุปกรณ์ภาคส่งคลื่นวิทยุ	28
รูปที่ 16	ลายปริ้นท์และตำแหน่งการวางอุปกรณ์ภาคสร้างรหัส	29
รูปที่ 17	ลายปริ้นและตำแหน่งอุกรณ์ภาครับ	30
รูปที่ 18	การพัน L1,L2	31
รูปที่ 19	ลายปริ้นท์และตำแหน่งอุปกรณ์ภาคอินเตอร์เฟส	31
รูปที่ 20	ลายปริ้นท์และตำแหน่งอุปกรณ์ภาคถอดรหัส	32
รูปที่ 21	ลายปริ้นท์และตำแหน่งอุปกรณ์ภาคซับรีเลย์	32
รูปที่ 22	ชุดคอนเทครีเลย์	33
รูปที่ 23	ชุดซับเคลื่อนเอว	34
รูปที่ 24	ส่วนของเอว	35
รูปที่ 25	ชุดติดตั้งและซับเคลื่อนหัวไหล่	36
รูปที่ 26	ชุดหัวไหล่	37
รูปที่ 27	ชุดซับเคลื่อนข้อศอก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 28	ชุดขับเคลื่อนข้อมือ	39
รูปที่ 29	ชุดขับเคลื่อนนิ้วมือ	39
รูปที่ 30	แขนหุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จแล้ว	40
รูปที่ 31	วงจรภาคจ่ายไฟ	41

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ตรรกของไอซี 7490	42
ตารางที่ 2	ตรรกของไอซี 74145	42
ตารางที่ 3	อุปกรณ์ภาคสร้างรหัส	43
ตารางที่ 4	อุปกรณ์ภาคอินเตอร์เฟส	43
ตารางที่ 5	อุปกรณ์ภาคถอดรหัส	44
ตารางที่ 6	อุปกรณ์ภาคชับรีเลย์	44
ตารางที่ 7	อุปกรณ์ภาคส่งคลื่นวิทยุ	45
ตารางที่ 8	อุปกรณ์ภาครับ	46
ตารางที่ 9	ค่าแรงดันที่ได้จากการปรับแต่งภาครับ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในสมัยที่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังไม่พัฒนาจนเจริญรุดหน้าเช่นในปัจจุบัน มนุษย์ได้ใฝ่ฝันที่จะมีอำนาจในการควบคุมสิ่งต่างๆให้ทำงานได้จากระยะที่ไกลๆแต่ในยุคนั้นยังไม่มีพาหะที่จะถ่ายทอดคำสั่งควบคุมไปยังระยะไกลๆที่ได้ผลเพียงพอ จวบจนกระทั่งมีการค้นพบการส่งข่าวสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะ ความรู้สึกของมนุษย์ก็ได้รับการตอบสนองในด้านการบังคับจากระยะไกลอย่างเต็มที่ ในช่วงเวลาสี่สิบปีของการเริ่มต้นจากการส่งคลื่นวิทยุด้วยการทำให้เกิดประกายไฟ (spark) ไปบังคับเครื่องเล่นขนาดเล็กให้ทำงานจนกระทั่งเป็นเครื่องส่งวิทยุที่สมบูรณ์แบบที่ควบคุมความถี่ด้วยผลึกแร่ พร้อมทั้งมีการผสมรหัส (code) ที่จะใช้บังคับทั้งแบบ AM และ FM ซึ่งสามารถใช้บังคับอุปกรณ์ให้ทำงานได้หลายๆอย่างโดยถูกต้องในระยะไกลๆ ผู้สนใจในด้านนี้ได้นำมาดัดแปลงให้ใช้งานได้อย่างคล่องตัวจนมาเป็นกีฬาที่แพร่หลายไปทั่วโลกนั่นก็คือ การใช้วิทยุบังคับ จากผลของความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์นี้เองในที่สุดก็เกิดมีชุดอุปกรณ์ที่สามารถใช้บังคับสิ่งประดิษฐ์ต่างๆได้ง่าย สะดวก ราคาถูก โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ชุดบังคับด้วยวิทยุ (radio control set) เหล่านี้เป็นที่นิยมใช้กันมากทางทหารและอากาศยาน ในที่นี้จะกล่าวถึงชุดบังคับด้วยวิทยุว่าทำงานอย่างไร ใช้งานอะไรได้บ้าง ส่วนต่อๆไปก็จะนำเอาวงจรและทฤษฎีการใช้งานมากล่าวโดยละเอียดพร้อมกับคำแนะนำในการสร้างอุปกรณ์จำลองต่างๆ ซึ่งสามารถใช้วิทยุบังคับอย่างได้ผล

การทำงานของชุดวิทยุบังคับโดยปกติเมื่อเราจะบังคับให้อะไรทำงานจะต้องประกอบด้วยผู้ออกคำสั่งและผู้รับคำสั่งไปปฏิบัติ สำหรับการบังคับด้วยวิทยุนั้น ผู้ออกคำสั่งบังคับและส่งคำสั่งนั้นออกไปก็คือ เครื่องส่ง(transmitter) ซึ่งประกอบด้วยภาคกำเนิดข้อมูลที่ใช้บังคับ (encoder)ภาคกำเนิดสัญญาณวิทยุ(RF source) ภาคดีเทคเตอร์(detector) ภาคขยาย IF ภาคถอดรหัสสัญญาณ (decoder) ชุดที่สองจะเป็นผู้รับข้อมูลจากภาคถอดรหัสสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนไหวทางกล เราเรียกชุดที่สองนี้ว่า เซอร์โว (servo)

การทำงานของเครื่องส่งวิทยุนี้ก็คือการส่งสัญญาณบังคับใดๆออกไปยังเครื่องรับวิทยุซึ่งเป็นตัวกลางนำข่าวสารนี้ไป เช่น เราต้องการให้เกิดการเคลื่อนไหวของสิ่งประดิษฐ์ที่มีเครื่องรับสำหรับการบังคับด้วยวิทยุติดตั้งอยู่ก็ส่งข้อมูลบังคับการเคลื่อนไหวไป โดยปกติชุดวิทยุจะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโยกคันบังคับ(control stick)เป็นการสั่งให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เซอร์โวซึ่งรวมอยู่กับเครื่องรับ

การทำงานของเครื่องรับก็คือรับสัญญาณวิทยุจากเครื่องส่งแล้วทำการถอดรหัสสัญญาณบังคับซึ่งอาจสั่งให้เกิดการทำงานมากกว่า 1 อย่างแล้วส่งสัญญาณบังคับนี้ให้ตัวถ่ายทอดกำลังทางกลคือเซอร์โว เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวตามต้องการ

ในสมัยนี้ชุดบังคับด้วยวิทยุไม่ได้ยุ่งยากซับซ้อนอะไรมากนัก ผู้ใช้งานเพียงแต่ต่อสายซึ่งเป็นปลั๊กเสียบตามแผงทางไฟที่ให้มากับชุดวิทยุก็สามารถจะใช้งานได้ ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างแพร่หลาย

เมื่อมีวิทยุบังคับสัก 1 ชุด เราสามารถนำไปใช้งานได้ดังต่อไปนี้

1. ใช้บังคับอุปกรณ์จำลองต่างๆ เช่น เครื่องบินขนาดเล็ก รถยนต์เล็ก เรือลำเล็กๆ
2. ใช้บังคับอุปกรณ์จริงที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ รถยนต์ เครื่องบิน จรวด
3. ใช้อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน เช่น เปิดประตูบ้าน เปิดประตูโรงรถ

แต่สำหรับ Project นี้จะใช้วิทยุบังคับในการควบคุมการทำงานของแขนหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล

2.1 เครื่องส่งวิทยุบังคับ

ระบบวิทยุในที่นี้สามารถเลือกใช้งานได้ตั้งแต่ 1-9 ช่องด้วยกัน ใน 9 ช่องบังคับนี้สามารถเลือกการบังคับแต่ละช่องได้ 2 แบบ คือ การบังคับแบบเป็นขั้น เช่น บังคับให้ปิด-เปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนดังที่เราปิด-เปิดสวิทช์ ตัวอย่างในการใช้งานทางกล คือ การนำไปควบคุมโซลินอยล์, รีเลย์ ฯลฯ หรือจะเลือกใช้การบังคับในแบบพร็อพพอร์ชันแนล Proportional (Proportional) ซึ่งเป็นการบังคับให้ปลายทางมีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องเป็นสัดส่วนเช่นเดียวกันกับทางเครื่องบังคับ ตัวอย่างเช่น การบังคับให้รถเลี้ยวซ้ายหรือขวาไปตามองศาที่ต้องการเป็นสัดส่วนเช่นเดียวกันกับการบังคับควบคุมจากทางเครื่องส่ง การบังคับในลักษณะนี้ส่วนใหญ่ทางด้านเครื่องรับมักจะใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับให้เกิดการเคลื่อนไหวทางกล

เพื่อให้ง่ายต่อการทดลองสร้าง ซึ่งอาจจะดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติมได้โดยสะดวกตามความต้องการจึงได้แยกการสร้างออกเป็นภาคต่างๆ โดยทำเป็นแผงปริ้นท์ของแต่ละภาคแยกจากกัน ด้วยวิธีนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงการทำงานของแต่ละภาคได้ดีกว่า เมื่อสร้างแล้วถ้ามีปัญหาก็จะสามารถแยกตรวจและทดสอบการทำงานของแต่ละภาคได้โดยง่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์มาก

หลักการทำงานของระบบวิทยุบังคับแบบพร็อพพอร์ชันแนลที่เรากำลังกล่าวถึงนี้คือ ทางเครื่องส่งจะส่งพัลซ์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมออกไปยังปลายทาง พัลซ์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงความกว้างของรูปพัลซ์ได้ตามการบังคับทางเครื่องส่ง ส่วนทางเครื่องรับจะรับเอารูปคลื่นพัลซ์สี่เหลี่ยมที่ส่งมาจากเครื่องส่งไปเป็นสัญญาณในการควบคุมให้เครื่องกลไกทำงานตามการบังคับจากด้านเครื่องส่ง เครื่องกลไกที่ถูกบังคับจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดขึ้นอยู่กับความกว้างของรูปพัลซ์ เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการนี้ในรูปที่ 1 แสดงตัวอย่างสัญญาณพัลซ์ที่ส่งเข้าไปควบคุมการทำงานของเซอร์โว สมมติในสภาวะปกติเมื่อทางเครื่องส่งได้ส่งสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1.5 ms(มิลลิเซคกัน) เข้ามาแขนของเซอร์โวจะอยู่ในตำแหน่งกลางหรือศูนย์องศา (0) เมื่อใดที่ความกว้างของพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมเปลี่ยนไปในทางที่น้อยลงเป็น 1 ms แขนของเซอร์โวจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในตำแหน่งเก้าสิบองศา (90)หรือในทำนองเดียวกันถ้าความกว้างของพัลซ์เปลี่ยนไปในทางกว้างขึ้นเป็น 2 msแขนของเซอร์โวจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในตำแหน่งสองร้อยเจ็ดสิบองศา(270)จากหลักการนี้เราจะเห็นได้ว่าความกว้างของพัลซ์จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 1-2 ms จากหลักการดังที่กล่าวมานั้น เราจะเห็นว่าความกว้างของพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ลูกคลื่นสามารถใช้บังคับได้ 1 ช่องบังคับ คือบังคับควบคุมการทำงานของเซอร์โวได้เพียงตัวเดียวเท่านั้นในกรณีที่เราต้องการให้บังคับได้ถึง 9 ช่องบังคับเราก็ต้องส่งลูกคลื่นสี่เหลี่ยมออกไป 9 ลูกคลื่นและแต่ละลูกคลื่นต้องสามารถปรับเปลี่ยนความกว้างของรูปพัลซ์ได้ โดยเป็นอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ดังรูปที่ 2 แต่ในเครื่องส่งวิทยุบังคับเราใช้คลื่นความถี่วิทยุในการส่งสัญญาณออกอากาศไปเพียงความถี่เดียวเท่านั้น ฉะนั้นในการส่งสัญญาณรูปคลื่นพัลซ์สี่เหลี่ยมทั้ง 9 ลูกคลื่นไปยังเครื่องรับจึงต้องใช้หลักการมัลติเพล็กซ์สัญญาณหลายสัญญาณไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน การมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือการมัลติเพล็กซ์ทางความถี่ (frequency multiplex) ตัวอย่างเช่น การมัลติเพล็กซ์สัญญาณในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟ-เอ็ม สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ อีกลักษณะหนึ่งก็คือ การมัลติเพล็กซ์ทางการแบ่งคาบเวลา (time division multiplex) ซึ่งเป็นหลักการทำนองเดียวกันกับการสอดเส้นสัญญาณในการส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์ขาวดำ เพื่อความเหมาะสมของการเป็นไปได้ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถปรับเปลี่ยนความกว้างของพัลซ์ได้โดยอิสระไม่ขึ้นต่อกันถึง 9 ลูกคลื่นไปกับคลื่นพาห์ความถี่เดียว เราจึงเลือกใช้หลักการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบแบ่งคาบเวลา

ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบนี้ วงจรกำเนิดพัลซ์ของแต่ละช่องจะทำงานที่เวลาเยื้องกันไปตามลำดับ (ดูรูปที่ 3) เริ่มจากช่องแรกไปจนถึงช่องที่ 9 โดยมีช่วงเว้นว่างของพัลซ์แต่ละช่องประมาณ 0.25 ms เวลาที่เสียไปในการกำเนิดพัลซ์ตั้งแต่ช่องที่ 1 ไปจนครบช่องที่ 9 รวมกันแล้วประมาณ 20 ms ข้อสังเกตอีกอย่างก็คือในช่วง 1 คาบเวลาของการส่งชุดสัญญาณควบคุมที่กินเวลา 20 ms นี้วงจรกำเนิดพัลซ์ของแต่ละช่องจะสามารถกำเนิดพัลซ์ควบคุมได้ช่องละ 1 ลูกคลื่นเท่านั้น สัญญาณพัลซ์ควบคุมรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 9 ลูกคลื่นนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเรียงกันเป็นขบวนรูปคลื่นตามลำดับเวลาก่อนหลังตามลำดับช่องบังคับ เริ่มตั้งแต่ช่อง 1 ถึงช่องที่ 9 (ดูรูปที่ 4) เมื่อครบจำนวนพัลซ์สี่เหลี่ยมทั้ง 9 ลูกคลื่นจะมีการส่งสัญญาณซิงค์พัลซ์ (SYNC PULSE) ที่มีขนาดความกว้าง 0.5 ms สอดแทรกเข้าไปอีก 1 ลูกคลื่น สัญญาณซิงค์พัลซ์นี้จะมีคั่นอยู่ระหว่างชุดสัญญาณควบคุมทุกๆคาบเวลา 20 ms เพื่อใช้เป็นหลักในด้านการส่งหรือด้านการแยกสัญญาณทางเครื่องรับไม่ให้รูปคลื่นสัญญาณควบคุมทั้ง 9 ลูกต้องสับสนปะปนกัน สัญญาณพัลซ์ควบคุมครบชุดที่ถูกมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันเป็นขบวนรูปคลื่นนี้ จะถูกส่งไปมอดเข้ากับคลื่นพาห์เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับต่อไป

เนื่องจากระบบวิทยุบังคับแบบพร็อพพอร์ชันแนลซึ่งอาศัยความกว้างของพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมไปใช้เป็นสัญญาณในการควบคุมบังคับนี้กำหนดให้คาบเวลาที่ใช้ในการส่งพัลซ์ควบคุมของช่องต่างๆ มีช่วงเวลาจำกัดเพียง 20 ms ในช่วงเวลาขนาดนี้เราสามารถส่งพัลซ์ควบคุมได้เต็มที่ไม่เกิน 9 ลูกคลื่น ซึ่งเป็นเหตุผลให้การส่งวิทยุบังคับในระบบนี้สามารถมีช่องบังคับได้

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดเพียง 9 ช่องเท่านั้น

ในรูปที่ 5 เป็นบล็อกไดอะแกรมของเครื่องส่งวิทยุบังคับ 9 ช่องประกอบด้วยวงจรสร้างรหัส(CODER) และวงจรภาคส่งคลื่นวิทยุ(TRANSMITTER) รหัสที่สร้างขึ้นโดยวงจรสร้างรหัสในที่นี้หมายถึง รูปคลื่นพัลซ์ทั้ง 9 ลูก และสัญญาณซิงค์พัลซ์ดังที่เคยกล่าวถึงในหลักการส่งระบบนี้นั่นเอง

2.1.1 ภาคส่ง (TRANSMITTER)

วงจรภาคส่งดังแสดงในรูปที่ 6 ความถี่ของวงจรอยู่ในย่าน 27 MHz มีการควบคุมความถี่ด้วยแร่คริสตอล เป็นวงจรที่มีกำลังส่งปานกลางสามารถม็อดดูเลทเข้ากับสัญญาณที่มาจากการทำงานของวงจรที่ประกอบขึ้นจากไอซีจำพวกทีทีแอล(TTL) ได้ดี และระดับความลึกในการม็อดดูเลทสัญญาณของวงจรนี้สามารถทำได้ถึง 100 เปอร์เซนต์ของสัญญาณคลื่นพาห์

TR4 ในวงจรทำงานออสซิลเลทความถี่วิทยุตามค่าความถี่ที่กำหนดโดยคริสตอล มี L1 เป็นตัวจูนที่ความถี่รีโซแนนซ์ สัญญาณที่ได้จะถูกส่งผ่าน L2 เข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR5 ที่ขาคอลเลคเตอร์ของ TR5 มี L3,C9,C12 เป็นตัวจูนร่วมกันเพื่อให้แมทช์เข้ากับโหลดทางสายอากาศ อาร์เอฟโช้ค L4 จะเป็นตัวกันไม่ให้ความถี่วิทยุเข้าไปรบกวนการทำงานของ TR6,TR7 ในวงจรม็อดดูเลเตอร์

วงจรม็อดดูเลเตอร์ทำงานโดยมี TR6,TR7 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ปิด-เปิดให้สัญญาณคลื่นพาห์ความถี่วิทยุขนาด 27 MHz ออกอากาศไปทางสายอากาศ โดยลักษณะของสัญญาณ RF ที่ออกไปจะขึ้นตามลักษณะสัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมที่ผ่าน R22 เข้ามาม็อดทางขาเบสของ TR27

การทำงานของวงจรม็อดดูเลทเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ในการม็อดสัญญาณควบคุมเข้ากับสัญญาณความถี่วิทยุก็คือ ในช่วงขณะที่ไม่มีสัญญาณพัลซ์ควบคุมเข้ามา TR6 จะทำงานปิดวงจร(conduct) เพราะมีแรงไฟบวกผ่าน R21 มาเป็นไบอัสที่ขาเบส จึงทำให้แรงไฟบวก 12V สามารถผ่านขาคอลเลคเตอร์ออกทางขาอิมิตเตอร์ผ่าน L3,L4 มาเข้าขาคอลเลคเตอร์ของ TR5 ได้ เป็นการจ่ายแรงไฟบวกให้ TR5 ทำงานตามหน้าที่ โดย TR5 จะขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้แรงขึ้นก่อนส่งผ่านทาง L3,C11 ออกไปยังสายอากาศ

ในชั่วขณะที่มีสัญญาณควบคุมช่วงบวกขับเข้ามาทางขาเบสของ TR7 ทรานซิสเตอร์ TR7 จะทำงานด้วยการปิดวงจร(conduct) โวลท์เตจที่ตกคร่อมขาคอลเลคเตอร์ของ TR7 ซึ่งหมายถึงค่าแรงไฟไบอัสของ TR6 จะตกลงมาด้วย เป็นผลให้ TR6 เปลี่ยนสภาวะการทำงานจากปิดวงจรมาเป็นเปิดวงจร(cutoff)ทันที นั่นคือในช่วงขณะนี้ไฟบวก 12 V จะไม่สามารถผ่านขาคอลเลคเตอร์ของ TR5 ได้ TR5จึงไม่มีการขยายสัญญาณ RF ออกสู่สายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ภาคสร้างรหัส (CODER)

ที่วงจรสร้างรหัสจะมีค่าความต้านทานปรับค่าได้ต่ออยู่ด้วย เพื่อใช้ปรับค่าความกว้างของพัลซ์แต่ละช่อง สวนสวิทช์ปิด-เปิดที่ต่อคร่อมขนานกับความต้านทานค่าคงที่ใช้สำหรับการบังคับเป็นขั้นตอนแบบการปิด-เปิดสวิทช์ สัญญาณจากภาคสร้างรหัสจะส่งเข้ามาม็อดกับคลื่นพาห์ในภาคส่งเพื่อส่งสัญญาณออกอากาศไปยังเครื่องรับ ตามรูปที่ 7 เป็นวงจรภาคสร้างรหัส (coder) มีทรานซิสเตอร์ TR1,TR2,TR3 และอุปกรณ์ร่วมประกอบกันขึ้นเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวร์เบร์เคอร์ (astable multivibrator) สำหรับทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

สัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมที่ได้จากขา C ของ TR2,TR3 จะถูกส่งเข้าไปกระตุ้นที่ขา 14 ของ IC2 (7490) ไอซีเบอร์ 7490 จะทำหน้าที่เป็นตัวสร้างรหัส BCD (นับสิบ 0-9 เป็นรหัสเลขฐาน 2) ตามจังหวะพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมที่เข้ามากระตุ้นทางขา 14 เริ่มจากเมื่อมีสัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมลูกแรกส่งเข้ามาที่ขา 14 ไอซี 7490 จะสร้างรหัส (BCD)"0000"เป็นสัญญาณเอ้าท์พุทออกทางขา 11 (D),ขา 8 (C),ขา 9 (B),ขา 12(A) (อักษรในวงเล็บหมายถึงหลักในรหัสBCD)และจะสร้างรหัสเรียงตามลำดับไปตามจังหวะลูกคลื่นรูปสี่เหลี่ยมที่เข้ามากระตุ้นต่อไปเรื่อยๆจนถึงรหัส"1001"ก็จะมาเริ่มที่รหัส"0000" ใหม่วนเวียนแบบนี้ไปเรื่อยๆ (ดูตารางที่ 1 ของ IC 74900) สัญญาณรหัส BCD ที่ได้จากขาเอ้าท์พุทของ IC2 จะถูกส่งเข้าไปยังอินพุทของ IC1 ทางขา12(D),13 (C),14 (B),14 (A) IC1 เป็นเบอร์ 74145 ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงรหัส BCD ให้เป็น รหัสเดซิมอล (DECIMAL) กล่าวคือที่ขาเอ้าท์พุทของ IC1 (74145) ซึ่งได้แก่ ขา 1 (0),ขา 2 (1),ขา 3 (2),ขา 4 (3),ขา 5 (4),ขา 6 (5),ขา 7 (6),ขา 8 (7),ขา 9 (8),ขา 10 (8) (หมายเลขในวงเล็บหมายถึง หมายเลขตามลำดับของรหัสเดซิมอล)ทางขาเอ้าท์พุทเหล่านี้จะมีระดับสัญญาณอยู่ในสภาวะ L(มีโวลท์เต็จต่ำใกล้เคียงกับกราวน์) เกิดขึ้นเรียงกันไปตามลำดับตามรหัส BCD ที่ส่งมาจากIC2(7490) (ดูตารางที่ 2 แสดงตารางตรวจของ IC 74145)

เมื่อพิจารณาจากวงจรอะสเตเบิลมัลติไวร์เบรเตอร์จะเห็นว่าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ TR2 จะมีตัวต้านทาน R12 ต่อไปเข้าขา 1 และ IC1 เมื่อมีพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมลูกแรกเกิดขึ้นที่ขา C ของ TR2,TR3 ไอซี 2(7490)จะสร้างรหัส BCD"0000"เป็นผลให้ขา 1 ของ IC1(74145) อยู่ในสภาวะ L ซึ่งมีความต่างศักดิ์ใกล้เคียงกับกราวน์ในขณะที่ขาเอ้าท์พุทอื่น ๆ ของ IC1 เป็น H หมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ R12 ถูกต่อลงกราวน์โดยผ่านทางขา 1 ของ IC1 นั่นเอง ที่สำคัญก็คือค่าของตัวต้านทานใดๆ ที่ต่อกับขา B ของ TR2 จะมีผลคาบเวลาในการเก็บประจุ/คายประจุของ C2 ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏทางขา C ของ TR2,TR3 ในวงจรนี้ R12 มีค่าคงที่ 4.7K โอห์มเป็นค่าที่กำหนดมาให้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมลูกแรกมีค่าความกว้างขนาด 0.5 ms ซึ่งหมายถึงสัญญาณซิ้งค์พัลซ์ที่เราต้องการนั่นเอง

ในจังหวะสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมลูกที่ 2 ไอซี 2 (7490) จะสร้างรหัส "0001" สภาวะ L ที่เอ้าท์พุทของ IC1 (74145)จะเปลี่ยนจากขา 1 มาเป็นที่ขา 2 แทนจึงมีผลให้ขาของ R1 ข้างที่ต่อกับขา 2 (IC1) เสมือนหนึ่งว่าถูกต่อลงกราวน์ไปด้วยและขาอีกข้างของ R1 จะต่ออนุกรมกับ R10 ค่า 10K โอห์มก่อนเข้าไปยังขา B ของ TR2 ฉะนั้นการปิดสวิทช์ S1 ที่ต่อคร่อมตัวต้านทาน 10K โอห์ม จะเป็นการปรับค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์ควบคุมของช่องบังคับที่ 1 ไปด้วย ในทำนองเดียวกัน ในจังหวะของสัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมลูกต่อๆไป 3,4,5,6,7,9,10,11 ของ IC1 จะอยู่ในสภาวะL เรียงตามลำดับกันไป การปรับค่า R ที่ต่ออยู่กับขาเหล่านี้จึงเป็นการปรับค่าความกว้างของสัญญาณพัลซ์ควบคุมของช่องบังคับต่าง ๆ เรียงตามลำดับจนครบทั้ง 9 ช่อง

สรุปกันอย่างง่ายๆก็คือ IC1 จะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งสวิทช์อัตโนมัติที่คอยสับเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ต่อกับขา B ของ TR2 นั่นเอง

ส่วนค่า R15 และ C3 ในวงจรจะเป็นตัวกำหนดค่าความกว้างของช่วงเวลาสั้นๆ ขนาด 0.25 ms.ซึ่งเป็นช่วงเว้นระยะห่างระหว่างพัลซ์ของสัญญาณควบคุมแต่ละช่อง

สัญญาณเอ้าท์พุทของวงจรสร้างรหัส (coder) ซึ่งเป็นพัลซ์สัญญาณควบคุมครบชุดที่ปรากฏทางขา C ของ TR2,TR3 จะถูกส่งเข้าไปมอดกับสัญญาณคลื่นวิทยุในภาคส่งต่อไป

ตามวงจรภาคสร้างรหัสในรูปที่ 7 นี้สามารถบังคับแบบปิด-เปิดสวิทช์ได้ 9 ช่อง (แต่ในที่นี้จะใช้เพียง 6 ช่องเท่านั้น) โดยมีสวิทช์ที่ต่อคร่อมกับตัวต้านทานค่าคงที่ R1 ถึง R9 (ค่า 10K) ใช้เป็นตัวบังคับควบคุมแบบปิด-เปิดสวิทช์ เมื่อสวิทช์อยู่ในตำแหน่งตัดวงจร(OFF) พัลซ์ควบคุมจะกว้างขึ้นและถ้าสวิทช์อยู่ในตำแหน่งต่อวงจร (ON) พัลซ์ควบคุมจะแคบลง

การบังคับควบคุมทั้ง 9 ช่องนี้เราสามารถเลือกแบบการบังคับของแต่ละช่องได้ ถ้าต้องการให้ช่องใดมีการบังคับแบบพร็อพพอร์ชันแนลก็เอาตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR10K) ใส่แทนตัวต้านทานค่าคงที่ (10K)และสวิทช์ ถ้าต้องการให้ช่องใดมีการบังคับแบบสวิทช์ปิด-เปิดก็เอาสวิทช์และ R10K ใส่แทน VR10K หรือถ้าเห็นว่าช่องบังคับซึ่งมีถึง 9 ช่องนี้มากเกินไปต้องการใช้จำนวนช่องที่น้อยกว่านี้ก็ทำได้โดยเอาเฉพาะ R ค่า 10K ใส่แทนในช่องที่ไม่ต้องการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องรับวิทยุบังคับ

ดูจากรูปที่ 8 เป็นภาพบล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องรับวิทยุบังคับ เริ่มจากเมื่อมีสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุขนาด 27 MHz จากทางด้านเครื่องส่งเข้ามาปรากฏทางสายอากาศของเครื่องรับ ภาครับ (RECEIVER) จะทำหน้าที่รับเอาสัญญาณวิทยุจากสายอากาศเข้ามาขยายให้แรงขึ้นแล้วเปลี่ยนสัญญาณความถี่ 27 MHz ให้เป็นความถี่ IF 455 KHz ตามแบบฉบับของภาครับระบบซุปเปอร์เฮทเทอโรดายน์ จากนั้นจึงทำการคัดแยก (DETECT) ชุดขบวนสัญญาณบังคับควบคุมออกจากคลื่นพาห์ความถี่วิทยุ แล้วส่งเข้าไปยังภาคอินเตอร์เฟส (INTERPACE) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวจัดรูปลักษณะของชุดสัญญาณควบคุมให้มีรูปร่างใกล้เคียงกับต้นฉบับเดิมที่ส่งมาจากทางด้านเครื่องส่งมากที่สุด สัญญาณที่ผ่านการจัดขนาดและรูปร่างแล้วจะถูกส่งไปเข้าภาคถอดรหัส (DECODER) ในภาคนี้จะทำหน้าที่แยกสัญญาณจากชุดขบวนสัญญาณควบคุมออกมาเป็นสัญญาณควบคุมของแต่ละช่องซึ่งแบ่งออกเป็นสัญญาณช่องต่างๆทั้งหมด 9 ช่องบังคับด้วยกัน (แต่ในที่นี้จะใช้เพียง 6 ช่องบังคับ)

2.2.1 ภาครับ (RECEIVER)

วงจรภาครับในรูปที่ 9 เป็นวงจรที่ออกแบบมาให้มีประสิทธิภาพทั้งด้านความไวในการรับสัญญาณและการคัดเลือกความถี่ของสัญญาณคลื่นวิทยุในย่าน 27 MHz ที่ส่งมาจากเครื่องส่งวิทยุบังคับ

การทำงานของภาครับเป็นแบบซุปเปอร์เฮทเทอโรดายน์ มีคริสตอลเป็นตัวควบคุมความถี่ในวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน ซึ่งทำให้วงจรมีเสถียรภาพในการรับความถี่คลื่นวิทยุในช่องที่ต้องการสูงมาก

วงจรภาครับทำงานด้วยไอซีเบอร์ TBA 651 ซึ่งเป็นไอซีภาครับวิทยุระบบ เอ.เอ็ม. (A.M.) สมบูรณ์แบบในตัวเดียวกันทำหน้าที่ทั้งหมด ภายในตัวไอซี TBA651 มีครบทั้งภาคขยายคลื่นวิทยุ (RF.AMPLIFIER) ออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR) และภาคขยายความถี่ไอ.เอฟ. (I.F. AMPLIFIER) รวมอยู่ในไอซีตัวเดียวกันพร้อมเสร็จ ตัวถังไอซีเป็นแบบตีนตะขาบ 16 ขาแบ่งขาออกเป็น 2 ข้างแต่ละข้างมี 8 ขา และมีการแยกขาแต่ละข้างสลับกันออกเป็น 2 แถว โดยแต่ละแถวจะมี 4 ขาอยู่ในแนวเดียวกัน (QUAD IN LINE) ซ็อกเก็ตของไอซีตัวนี้อาจจะหาได้ยากเพราะโดยปกติแล้วไอซีที่มีการจัดขาลักษณะนี้ไม่ค่อยมีใช้กันทั่วไป

ไอซีตัวนี้สามารถทำงานได้ที่ความถี่สูงสุด 30 MHz เป็นไอซีที่ใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟตรงตั้งแต่ 4.5-16V แต่สำหรับวงจรภาครับของเราในที่นี้ระบุให้ใช้กับแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 9V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร จากวงจรภาครับจะเห็นได้ว่า L1 และ C3 ทำต่อเป็นวงจรจูนความถี่โดยมี C2 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณคลื่นวิทยุจากสายอากาศมาเข้าวงจรจูน (L1,C3)และมี C4 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณจากวงจรจูนที่เหนี่ยวนำมายังขดคอยล์ L2 ให้เข้ามายังอินพุทวงจรขยายสัญญาณ RF ที่ขา 1 ของไอซี ที่ขา 2 ซึ่งเป็นเอ้าท์พุทของวงจรขยาย RF จะมี R1 ต่ออยู่ด้วยสำหรับใช้เป็นโหลดที่ไม่ต้องจูนของวงจรขยาย RF ส่วน C5ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 2 และขา 4 จะทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณ RF ที่ผ่านการขยายแล้วจากขา 2 ให้เข้าไปยังขา 4 ซึ่งเป็นขาอินพุทของภาคมิกเซอร์(MIXER) L3,L4,C7 และคริสตอล(XL1)เป็นอุปกรณ์ร่วมในวงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งต่ออยู่ภายนอกที่ขา 6 และ 7 ของไอซี

สัญญาณความถี่ไอ.เอฟ. ซึ่งเป็นเอ้าท์พุทของวงจรภาคมิกเซอร์จะออกทางขา 5 เข้าสู่ T1 ซึ่งเป็นไอ.เอฟ.ทรานฟอร์เมอร์(I.F.T.)ตัวแรก T1 จะเป็นตัวจูนสัญญาณที่ความถี่ไอ.เอฟ.แล้วส่งสัญญาณผ่านทาง C8 มาเข้าขา 13 ซึ่งเป็นอินพุทของภาคขยายสัญญาณความถี่ไอ.เอฟ.เอ้าท์พุทที่ได้จะออกทางขา 10 เข้าสู่ T2 ซึ่งเป็น I.F.T. ตัวที่ 2 สัญญาณความถี่ไอ.เอฟ.จะถูกจูนด้วยT2 อีกครั้งและจะถูกเหนี่ยวนำเข้าไปยังขดทุติยภูมิ(SECONDARY) ของ I.F.T.(T2) ที่ขดนี้จะมี D1 ต่ออยู่ในวงจรสำหรับทำหน้าที่เป็นตัวคัดแยกสัญญาณ (DETECTOR)เพื่อแยกเอาชุดของสัญญาณควบคุมออกจากความถี่คลื่นพาห์วิทยุ(ซึ่งขณะนี้คลื่นพาห์ถูกเปลี่ยนลดความถี่ลงมาอยู่ในช่วงความถี่ไอ.เอฟ.แล้ว) โดยมี R3,C12 และ C13 ต่อเป็นวงจรกรองความถี่สำหรับทำหน้าที่ให้ความถี่คลื่นพาห์ไอ.เอฟ.ที่อาจหลงเหลืออยู่ผ่านลงกราวด์ไป R6 ที่ต่ออยู่ในวงจรทางด้านขดทุติยภูมิของI.F.T.(T2) จะทำหน้าที่เป็นโหลดดีเท็คเตอร์ (LOAD DETECTOR)สำหรับเป็นที่ตกคร่อมของสัญญาณที่ต้องการ ส่วน R4 เป็นตัวผ่านแรงดันอ้างอิง เอ.จี.ซี.(A.G.C.)ส่งเข้าไปยังขา 15 ของไอซี โดยมี C14,C15 ทำหน้าที่เป็นตัวกรองผ่านความถี่ I.F.ที่ไม่ต้องการให้ผ่านลงกราวด์ไป R5 และ C11 ทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงสัญญาณในการควบคุมแรงดันอ้างอิง A.G.C. ค่าอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวนี้ยังมีความสำคัญต่อค่าของ C16 ด้วย ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้ค่าที่พอดีกันจึงจะทำให้มีการหน่วงสัญญาณได้ตามที่ต้องการ

เนื่องจากมีค่าโวลท์เต็จของสัญญาณตกคร่อมที่ R6 ซึ่งเราสามารถต่อเอสมิเตอร์(s meter) คร่อมตัวต้านทาน R6 ได้ถ้าต้องการสำหรับใช้แสดงความแรงของสัญญาณที่รับได้ ในแผ่นปริ้นท์ภาครับได้เตรียมขาจุดต่อที่ตำแหน่ง A-B ในวงจรเพื่อใช้ต่อเข้ากับเอสมิเตอร์เอาไว้แล้ว

2.2.2 ภาคอินเตอร์เฟสทีทีแอล (TTL INTERFACE)

เหตุผลสองประการที่ทำให้ต้องมีวงจรอินเตอร์เฟสคือ ประการแรกเพื่อต้องการจัดรูปร่างของสัญญาณพัลซ์ที่ได้จากภาครับเสียใหม่เพราะสัญญาณพัลซ์ที่ได้จากภาครับอาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026893

เกิดความผิดเพี้ยนอันเนื่องมาจากค่า L/C ในวงจรและแบนด์วิธที่จำกัดของภาครับส่วนประการที่สองเป็นการจัดสัญญาณให้มีความถูกต้องทั้งขั้วสัญญาณ (polarity)และส่วนสูง(Amplitude) ของสัญญาณเพื่อให้เหมาะกับอินพุทของวงจรทีทีแอล (TTL)

ทั้งสองประการที่กล่าวมานี้มีความสำคัญมากต่อวงจรที่ประกอบขึ้นจากอุปกรณ์จำพวกทีทีแอลซึ่งต้องการสัญญาณพัลซ์ที่มีความเร็วสูงทั้งในช่วงขอบขาขึ้นและขาลง (Fast rise time pulse)มากเพียงพอที่จะทำให้วงจรทำงานได้อย่างถูกต้อง

การทำงานของวงจร (วงจรทีทีแอล อินเตอร์เฟสรูปที่ 10) สัญญาณออกจากภาครับจะมาเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR1 ซึ่งถูกจัดวงจรอยู่ในลักษณะที่ไม่มีการให้ไบอัสที่ขาเบส ปกติ TR1 จะอยู่ในสภาวะเปิดวงจร (cut off)เพราะมี R7 ต่อจากขาเบสลงกราวน์ เมื่อมีสัญญาณพัลซ์ช่วงบวกเข้ามาจะทำให้ TR1 ทำงานปิดวงร (on)ในทันทีและจะเป็นผลให้ TR2 ทำงานเปิดวงจร(cut off)ตาม ในขณะเดียวกัน TR3ก็จะทำงานปิดวงจร (on)ตามไปด้วย (TR2 และ TR3 ต่อกันเป็นวงจรชมิทช์ทริกเกอร์มี TR2เป็นชมิทช์ทริกเกอร์ครึ่งแรก ส่วน TR3 เป็นชมิทช์ทริกเกอร์ครึ่งหลัง)

ผลจาก TR3 ทำงานปิดวงจร(on)จะทำให้ความต่างศักดิ์ที่ขา TR3 ตกลงมาทำให้ TR4 ซึ่งต่อวงจรแบบอิมิตเตอร์ตามทำงานเปิดวงจร(off)ตามไปด้วย เมื่อเป็นช่วงขณะที่มีพัลซ์ช่วงลบผ่านเข้ามายัง TR1วงจรชมิทช์ทริกเกอร์(TR2,TR3)ก็จะรีเซ็ทตัวเองกลับไปอย่างรวดเร็วทำให้ TR4 กลับมาปิดวงจร(on)อีกครั้ง

ผลจากการสวิทชิ่งปิด - เปิดวงจรอย่างรวดเร็วของวงจรทีทีแอลอินเตอร์เฟสดังที่ได้อธิบายมานี้ จึงทำให้เราได้สัญญาณออกจากภาคนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับขบวนสัญญาณพัลซ์ที่ส่งมาจากทางเครื่องส่งเป็นอย่างมาก

2.2.3 ภาคถอดรหัส (DECODE)

วงจรถอดรหัสตามรูปที่ 11 จะทำหน้าที่ในการถอดแยกสัญญาณบังคับควบคุมช่องต่างๆ ที่ส่งรวมกับมาเป็นขบวนสัญญาณอย่างต่อเนื่องให้แยกออกเป็นสัญญาณควบคุมแต่ละช่องตั้งแต่ช่อง 1-9

การทำงานของวงจร สัญญาณที่ออกจากทีทีแอลอินเตอร์เฟสจะเข้ามาเป็นอินพุทของวงจรถอดรหัสโดยผ่านทาง R15 เข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR5 และจะปรากฏเป็นสัญญาณเอ้าท์พุทออกที่ขาคอลเลคเตอร์ของ TR5 เข้าไปเป็นอินพุทของ IC ที่ขา 3,4 และในขณะเดียวกันก็ส่งสัญญาณนี้เข้าไปกระตุ้นที่ขา 3 ของ IC3 ด้วย IC2 เบอร์ 74121 เป็นไอซีโมโนสเตเบิ้ลหรือวงจรสร้างสัญญาณพัลซ์เมื่อมีการกระตุ้นจากภายนอกโดยมีสัญญาณเอ้าท์พุทออกที่ขา 6 ในที่นี้ IC2 ทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณซึ่งออกจากขบวนสัญญาณควบคุม IC3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างรหัส BCD ตามจังหวะสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุท ส่วน IC4 ทำหน้าที่เปลี่ยนรหัส BCD ที่ได้จาก IC3 ให้เป็นรหัสเดซิมอลเป็นการกระจายคาบเวลาของแต่ละรหัส BCD ออกไปปรากฏเป็นเอ้าท์พุทที่ขา 2-11(เว้นขา 8 ซึ่งเป็นขากราวด์)ของ IC4 เรียงตามลำดับ

สัญญาณที่ปรากฏทางขาเอ้าท์พุททั้ง 9 ขา(9ช่องบังคับ) ของวงจรดีโคดเดอร์นี้จะมีลักษณะสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีคาบเวลาเปลี่ยนแปลงไปตามการบังคับควบคุมจากทางเครื่องส่งวิทยุบังคับและแยกเป็นอิสระซึ่งไม่ขึ้นต่อกันเพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรภาคอื่นๆ ต่อไป

2.2.4 ภาคขับรีเลย์ (RELAY DRIVE)

ภาคนี้มีไว้สำหรับให้เลือกใช้ในกรณีที่ต้องการบังคับควบคุมเป็นขั้นตอนแบบเปิดปิดสวทช์ มีหลักการทำงานของวงจรโดยนำพัลซ์ควบคุมจากภาคดีโค้ดเดอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของรีเลย์แล้วนำการสวิทช์ปิด-เปิดของรีเลย์ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆต่อไป

ภาคขับรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์ปิด-เปิดวงจรเมื่อได้รับสัญญาณจากภาคถอดรหัสด้วยการนำความกว้างของพัลซ์เข้ามาเปรียบเทียบโดยใช้ไอซีเบอร์ 555เป็นตัวทำงาน จากวงจรภาคขับรีเลย์ที่แสดงในรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่ามีขาข้างหนึ่งของรีเลย์ต่อไปยังสายไฟ +9V เป็นการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับรีเลย์

การทำงานของวงจร (วงจรขับรีเลย์ในรูปที่ 12) ไอซี 555 จะถูกต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลซึ่งสามารถกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลซ์ทางเอ้าท์พุทได้ด้วยการจัดค่าของ R36,R35 และ C27 ค่าความกว้างของพัลซ์โมโนสเตเบิลสามารถคำนวณได้ด้วยสูตร $t = 1.1\ RC$ จากค่า R ค่า C ตามวงจรในที่นี้จะได้ค่าความกว้างของพัลซ์ประมาณ 2.2 mS วงจรโมโนสเตเบิลถูกทริกเข้าที่ขา 2 ของไอซี 555 ด้วยสัญญาณเนกกาทีฟพัลซ์ (negative pulse)ที่มาจากช่องสัญญาณเอ้าท์พุทของภาคดีโค้ดเดอร์โดยสัญญาณจะผ่านทาง R32 เข้ามายังไอซีและขณะเดียวกันสัญญาณจะผ่าน R31 เข้ามายังขาเบสของ TR13 ด้วย ส่วน TR13 จะถูกต่อวงจรตามลักษณะการต่อวงจรทรานซิสเตอร์แบบอีมิตเตอร์ร่วม (emitter follower)โดยขาคอลเล็คเตอร์จะต่อเข้าที่ขา 3 ซึ่งเป็นขาสัญญาณออกของไอซี 555 ส่วนขาอีมิตเตอร์จะต่อผ่าน R33 ไปยังกราวด์

ถ้าดูจากรูปคลื่นสัญญาณตามจุดต่างๆในขณะที่วงจรกำลังทำงานตามรูปที่ 13 จะเห็นว่าถ้าตราบใดที่ความกว้างของพัลซ์ทางสัญญาณจากภาคดีโค้ดเดอร์ยังมีค่าเท่ากับความกว้างของพัลซ์ทางด้านเอ้าท์พุทของโมโนสเตเบิล ซึ่งมีรูปสัญญาณเป็นส่วนกลับกับพัลซ์จากภาคดีโค้ดเดอร์ ตราบนั้นจะยังคงไม่มีสัญญาณเอ้าท์พุทตกคร่อมที่ R33 เนื่องจากขาเบสของ TR13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าสัญญาณต่ำสุดเท่ากับกราวด์ทุกครั้งที่ขาคอลเล็คเตอร์ของ TR13 ได้รับแรงดันค่า 3.3 V จากขา 3 ซึ่งเป็นขาเอ้าท์พุทของไอซี 555 เมื่อมีการกดสวิทช์ทางภาคสร้างรหัสของเครื่องส่งวิทยุบังคับให้ส่งพัลซ์ควบคุมในขนาดที่เคบลงมา ก็จะทำให้เกิดเป็นสัญญาณเอ้าท์พุทตกคร่อมที่ R33 และสัญญาณนี้จะถูกส่งไปทำให้ TR14 ทำงานควบคุมการสวิทช์ของรีเลย์ D2 และ C25 ในวงจรจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บกักรักษาสัญญาณที่ตกคร่อม R33 ให้คงอยู่ตลอดช่วงคาบเวลา 20 mS ซึ่งเป็นคาบเวลาที่ใช้ในการส่งขบวณสัญญาณควบคุมแต่ละรอบ ส่วน D3 ที่ต่อคร่อมรีเลย์จะช่วยป้องกันแรงดันย้อนกลับ(back e.m.f.) จากชดคอยล์ไม่ให้เข้าไปสร้างความเสียหายแก่ทรานซิสเตอร์ TR14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การสร้างและการปรับแต่ง

3.1 การสร้างและการพันคอยล์ภาคส่ง ลายปริ้นเท่าของจริงและการลงอุปกรณ์บนปริ้นแสดงอยู่ในรูปที่ 14 และ รูปที่ 15 L1 เป็นคอยล์ที่พันด้วยลวดเบอร์ 30 SWG จำนวน 10 รอบมีเซนเตอร์แท็ป โดยพันลงบนคอยล์ฟอร์มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7 มม. แบบมีสลักจูนอยู่ภายใน ส่วน L2 พันจำนวน 1 รอบด้วยลวดเบอร์ 30 SWG. บนคอยล์ฟอร์มเดียวกันกับ L1 โดยพันลงในตำแหน่งเหนือ L1 เล็กน้อย L3 พันจำนวน 9 รอบด้วยลวดเบอร์ 14 SWG. เส้นผ่าศูนย์กลางภายในคอยล์ 16 มม. และยืดคอยล์ออกกว้างประมาณ 38 มม.

3.2 การปรับแต่งภาคส่ง ก่อนที่จะจ่ายไฟบวก 12V ให้กับวงจรให้ปรับแกนสลักจูนของคอยล์ L1,L2 ให้ลอยขึ้นมาด้านบนของคอยล์ฟอร์มและปรับ C8 ให้มีค่าต่ำสุดจากนั้นตั้งโวลท์มิเตอร์ไว้ที่ย่าน 3 VDC เพื่อใช้วัดคร่อม R20 เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับวงจร จากนั้นจึงปรับแกนคอยล์ L1,L2 จนอ่านค่าโวลท์มิเตอร์ได้สูงสุดซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าวงจรออสซิลเลเตอร์สามารถทำงานได้แล้ว ต่อมาจึงปรับ C8 ให้อ่านค่าบนโวลท์มิ-เตอร์ได้สูงสุดเช่นกันเมื่อนำภาคส่งไปประกอบลงกล่องก็ต้องปรับจูนเครื่องกันใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ส่งสัญญาณ RF ได้ดีที่สุด การปรับแต่งภาคส่งเพื่อให้ได้สัญญาณ RF ออกสูงสุดด้วยวิธีง่ายๆ อีกอย่างก็คือนำภาครับมาวางไว้ใกล้ๆ แล้วปรับจูนที่ภาคส่งจนเข็ม S มิเตอร์ทางภาครับตีขึ้นสูงสุดก็เป็นอันว่าใช้ได้เช่นกัน

สายอากาศที่ใช้กับวงจรภาคส่งนี้ยาวประมาณ 1 เมตร ถ้าการสร้างและปรับแต่งวงจรได้ถูกต้องวงจรนี้จะกินกระแสรวมประมาณ 40 mA

3.3 การสร้างภาคสร้างรหัส ประกอบวงจรลงบนปริ้นตามตามลายปริ้นท์เท่าของจริงที่ให้ไว้ในรูปที่ 16 โดยดูจากรูปล่างเป็นแนวทางในการลงอุปกรณ์ เครื่องที่สร้างเสร็จแล้วหากใช้ออสซิลโลสโคปมาวัดจะพบว่าพัลซ์สี่เหลี่ยมของแต่ละช่องบังคับจะสามารถอยู่ชิดกันได้มากที่สุดเพียง 0.25 mS เท่านั้น เมื่อมีการหมุนปรับคันบังคับรูปสี่เหลี่ยมของแต่ละช่องบังคับจะเปลี่ยนแปลงทางด้านความกว้างของสัญญาณได้ตั้งแต่1-2 mS วงจรนี้กินกระแสรวมประมาณ 65 mA ที่การป้อนไฟ 5 V ให้กับวงจร

3.4 การสร้างและการพันคอยล์ภาครับ ประกอบวงจรลงบนแผ่นปริ้นท์เท่าของจริงตามในรูปที่ 17 ทั้งคอยล์ L1 และ L2 พันอยู่บนกระบอกคอยล์ที่มีแกนสลักจูนเฟอร์ไรท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. อันเดียวกัน ขั้นแรกพัน L1 จำนวน 13 รอบด้วยลวดเบอร์ 28 SWG ลงด้านล่างของกระบอกคอยล์ก่อน แล้วใช้กาวแห้งเร็วทาทับไว้กันคอยล์หลุดหลวม ต่อมาใช้ลวดเบอร์ 28 SWG เช่นเดียวกันพันบนขดคอยล์ L2 จำนวน 4 รอบโดยพันเหนือขด L1 เล็กน้อยบนกระบอกอันเดียวกันในการพันทั้ง L1 และ L2 พันในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ดังแสดงในรูปที่ 18)

สำหรับ RFC. L3 ใช้ลวดเบอร์ 40 SWG พันบนรีซิสเตอร์ค่า 100 โอห์ม 1/4 วัตต์ จำนวน 40 รอบ ส่วน L4 พันด้วยลวดเบอร์ 40 SWG เช่นกันบนรีซิสเตอร์ 100 โอห์ม 1/4 วัตต์ จำนวน 250 รอบ

3.5 **การทดสอบและการปรับแต่งภาครับ** ต่อไฟตรง + 9 V ให้กับวงจรแล้ววัดกระแสรวมของวงจรถ้าวงจรปกติจะวัดกระแสรวมได้แระมาณ 10 mA จากนั้นให้ตั้งมัลติมิเตอร์ไว้ที่ย่านดีซีต่ำๆ แล้วนำไปวัดที่จุดต่อ A-B ของวงจร

ขั้นต่อไปเปิดเครื่องส่งให้ทำงานพร้อมกับดึงสายอากาศออกให้ยาวสุดก่อนที่จะนำมาวางไว้ใกล้ๆกับสายอากาศของเครื่องรับ ปรับ T2 และ T1 ของภาครับให้อ่านค่าจากมิเตอร์ได้สูงสุด ต่อไปหมุนสลักของ L1,L2 จนอ่านค่าได้สูงสุดที่มิเตอร์อีกครั้ง

ตามตารางที่ 9 เป็นค่าที่วัดได้จากจุด A-B ในภาครับ เมื่อมีการป้อนสัญญาณขนาดต่างๆเข้าทางอินพุทโดยใช้เครื่องซิกแนลเยนเนอเรเตอร์

3.6 **การสร้างภาคอิเตอร์เฟสทีทีแอล** ประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้นขนาด 44 มม. x 42 มม. ตามลายทองแดงและภาพแสดงการลงอุปกรณ์ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 19 เนื่องจากภาคนี้ไม่ต้องมีการปรับแต่งวงจรเมื่อประกอบครบถ้วนถูกต้องก็เป็นอันใช้ได้

3.7 **การสร้างภาคถอดรหัส** ประกอบวงจรตามรูปที่ 20 ซึ่งปริ้นจะมีขนาดเท่าของจริงภาคนี้จะไม่มีการปรับแต่งเช่นกัน

3.8 **การสร้างภาคชับรีเลย์** ประกอบวงจรตามรูปที่ 21 ตามรูปลายปริ้นขนาดเท่าของจริง

3.9 **การสร้างภาคแสดงผล** ส่วนที่แสดงผลที่ใช้ในชุดวิทยุบังคับระยะทางไกลนี้ กลุ่มเราได้สร้างแขนหุ่นยนต์เป็นตัวแสดงผลเพื่อให้เห็นเด่นชัดและเป็นการแสดงแนวความคิดการที่จะใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่งคลื่นระยะไกลควบคุมทางด้านกลไกให้ทำงานได้ตามที่เราต้องการ ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ร่วมกับงานอื่น ๆ อย่างได้ผล โดยส่วนของหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วนส่วนที่จะต้องควบคุมอยู่ 6 ส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนชุดวิทยุบังคับระยะไกล โดยมีรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการกลับทิศทางของการหมุนของข้อต่อทุกส่วน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอว, หัวไหล่, ข้อศอก, ข้อแขนและนิ้วมือ เป็นต้น ซึ่งเป็นการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นเอง โดยส่วนที่จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์ สับเปลี่ยนขั้วไฟของแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์ทั้งหมด โดยจะใช้รีเลย์แบบคอนแทคสองชุด สองตัวด้วยกัน ตัวแรก จะใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ตัวใช้ขับเคลื่อนหัวไหล่ ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบคอมปาวด์ การกลับทิศทางการหมุนต้องสลับที่ขั้วของแปรงถ่าน ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้ใช้ตัวเดียวในแขนหุ่นยนต์ตัวนี้ ส่วนรีเลย์ตัวที่สองจะใช้ควบคุมการกลับทิศทางส่วนของเอว, ข้อศอก, ข้อมือและนิ้วมือ ให้หมุนกลับไปกลับมา ยกขึ้นยกลงหรือขยับเข้าขยับออกของส่วนต่าง ๆ ดังกล่าว ซึ่งมอเตอร์ส่วนต่าง ๆ นี้จะเป็นมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร โดยมีสายต่อออกมาใช้งานภายนอกเพียงสองสายเหมือนกัน จึงต่อรวมกันได้ การกลับทิศทางการหมุนเพียงแต่กลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้มันเท่านั้น รีเลย์ทั้งสองตัวนี้จะทำงานพร้อมกัน เพราะจะอยู่ในเซลเนลเดียวกัน การทำงานเมื่อทำการกดปุ่มสวิทช์ทางเครื่องส่งก็จะทำให้มีสัญญาณควบคุมส่งมายังเครื่องรับในช่องที่หนึ่งจะทำให้ชุดควบคุมส่งมายังเครื่องรับในช่องที่หนึ่ง จะทำให้ชุดควบคุมรีเลย์ทำงานก็จะส่งผลให้รีเลย์ดูดชุดคอนแทคสัมผัสกันและทำให้ขั้วของแบตเตอรี่ที่ต่อยู่ชุดคอนแทคของรีเลย์ถูกสับเปลี่ยนขั้วไปด้วย การหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนแขนหุ่นยนต์ ตามข้อต่อต่าง ๆ ก็จะหมุนกลับทิศทางไปด้วยเช่นกัน สมมติเมื่อไม่กดปุ่มทางเครื่องส่งรีเลย์จะไม่ทำงานมอเตอร์ทุกตัวก็จะหมุนไปทิศทางตามเข็มนาฬิกาและเมื่อกดปุ่มทางเครื่องส่งรีเลย์จะไม่ทำงาน มอเตอร์ทุกตัวก็จะหมุนไปตามเข็มนาฬิกา และเมื่อกดปุ่มทางเครื่องส่ง รีเลย์จะทำงานมอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาอย่างนี้เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 22

ส่วนที่ 2 ส่วนเอวของหุ่นยนต์ส่วนนี้จะประกอบด้วยมอเตอร์และชุดเกียร์ทดแรงเพื่อให้จำนวนรอบต่ำลงและแรงบิดสูงขึ้น มอเตอร์ที่ใช้จะเลือกใช้มอเตอร์ร่ำพัดลมของรถยนต์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กถาวรขนาดกลางใช้แรง 12 VDC ส่วนชุดเกียร์ทดจะใช้ฟันเฟืองของพัดลมที่ใช้ตามบ้านมาประกอบกันเข้าเป็นเกียร์ทดใช้กับมอเตอร์ชุดขับเคลื่อนเอวให้หมุนรอบได้ มอเตอร์พัดลมรถยนต์ 12 VDC นี้ เป็นมอเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กถาวรทรงกระบอกมีสายต่อออกมาภายนอกสองสาย ซึ่งจะเป็นสายต่อไฟเข้า เมื่อสายสองเส้นถูกกับขั้วไฟฟ้าจะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทาง มอเตอร์ชนิดนี้จะมีกำลังไม่มากนักจึงต้องใช้เกียร์ทดเพื่อให้ได้แรงบิดมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 23 ส่วนที่เป็นจุดหมุนของฐานเอวจะทำเป็นกระเปาะลูกปืน โดยใช้เหล็กหล่อมากลึงได้รูปร่างที่เหมาะสมตามต้องการสองส่วน คือ **ส่วนที่ยึดอยู่กับที่** และ **ส่วนที่หมุน** ส่วนที่หมุนจะอยู่ภายในส่วนที่อยู่กับที่ โดยมีลูกปืนรองรับรอบ ๆ ระหว่างสองส่วนนี้เพื่อให้หมุนได้คล่องตัว ส่วนที่หมุนจะสอดเลยลงไปและทำเป็นร่องทั้งสองข้างเพื่อให้สวมเข้ากับชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านล่างได้ดังแสดงในรูปที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ส่วนหัวไหล่ส่วนนี้ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนของรถยนต์ ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบคอมปาวด์ (COMPOUND) ซึ่งจะไม่มีส่วนที่เป็นแม่เหล็กถาวรอยู่เลย แต่จะใช้ลวดทองแดงอาบน้ำยาพันรอบขั้วเหล็กอ่อน ซึ่งจะมีสองส่วนคือ ส่วนของสเตเตอร์ (STATOR) และส่วนโรเตอร์ (ROTOR) มอเตอร์แบบคอมปาวด์นี้ให้กำลังบิดมากกว่าแบบใช้แม่เหล็กถาวร เพราะความเข้มของขั้วแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า DC ส่วนการส่งถ่ายกำลังงานมอเตอร์ตัวนี้จะมีเฟืองทดหนึ่งชุด โดยแกนของมอเตอร์เองจะเป็นเฟืองหนอนมีลักษณะเป็นเกลียวหยาบ ๆ ตัวหนึ่งส่งถ่ายกำลังมาขับเฟืองอีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีรัศมีมากกว่า ตรงศูนย์กลางของเฟืองตัวนี้จะมีแกนสำหรับต่อออกมาภายนอกเพื่อใช้งาน สำหรับแกนเพลากลางหรือเพลาส่งถ่ายกำลังนี้ ส่วนที่ติดมากับตัวมันเองจะสั้น เมื่อนำมาใช้ต้องกลึงอันใหม่ต่อกันให้ปลายอันนอกที่โผล่ออกมายาวขึ้น เพื่อที่จะไปขับเคลื่อนส่วนหัวไหล่ได้ดังรูปที่ 25 เมื่อนำมอเตอร์ตัวนี้มาประกอบเป็นชุดขับเคลื่อนหัวไหล่ และเป็นส่วนที่ติดตั้งหัวไหล่อยู่บนเพลาของมอเตอร์ จะต้องสร้างส่วนที่เป็นหัวไหล่ประกอบเข้าไป โดยเราได้ทำการออกแบบโดยใช้เหล็กมาทำการกลึงขึ้นส่วนขึ้นมา 3 ชิ้น คือ

ส่วนที่เป็นเพลา ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ส่วนที่เป็นหัวไหล่ที่ยึดอยู่กับที่ ส่วนนี้จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกปลายปิดแต่ตรงกลางจะเจาะรูให้ส่วนของเพลาสอดผ่านทะลุเข้าตรงกลางได้ และส่วนนี้จะขันติดกับมอเตอร์ ส่วนปากขอบของทรงกระบอกนี้จะกลึงให้เป็นร่องโดยรอบเพื่อจะให้รับกับลูกปืนได้รอบตัวเพื่อจะเป็นการลดความฝืดและประคับประคองให้หัวไหล่หมุนได้อย่างคล่องตัว ดังแสดงในรูปที่ 26

หัวไหล่ส่วนที่หมุน ส่วนนี้จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเช่นกันกับตัวที่ติดอยู่กับที่ แต่จะลึกกว่าเพราะจะมีส่วนติดตั้งอยู่บนส่วนหัวไหล่นี้ด้วย แกนเพลาจากเฟืองทดที่ต่อออกมาใช้ขับหัวไหล่ให้เคลื่อนที่จะมีปริ้นท์สำหรับล็อคเพลากับหัวไหล่ให้หมุนตามกันไป ในขณะที่หมุนขึ้นหรือลงเพลาจะขับหัวไหล่ชิ้นที่ 3 นี้ให้ตามไปด้วย และตรงปากขอบของทรงกระบอกจะกลึงให้เป็นร่องรอบเพื่อให้นับกับลูกปืน เมื่อประกอบเข้ากับตัวที่อยู่กับที่จะทำให้ลูกปืนทั้งหมดเคลื่อนที่อยู่ในร่องลูกปืนทั้งสองได้

ส่วนที่ 4 ส่วนของท่อนแขนส่วนบนและข้อศอก ส่วนของท่อนแขนส่วนบนจะใช้ท่อเอสลอนขนาด 1.5 นิ้วสวมเข้ากับแผ่นเหล็กประกบยึดติดกับส่วนของหัวไหล่ส่วนที่เคลื่อนที่ และภายในท่อเอสลอนส่วนนี้จะสอดมอเตอร์ขับเคลื่อนข้อศอกไว้ภายใน โดยตัวมอเตอร์จะยึดด้วยน็อตขนาดหนึ่งหุน 2 ตัว ที่มอเตอร์จะมีวงแหวนสวมอยู่เพื่อยึดมอเตอร์กับน็อตดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 27 มอเตอร์ตัวนี้ใช้ไฟ 12 โวลท์ ส่งถ่ายกำลังด้วยเกียร์ทดเพื่อให้ได้แรงบิดมากขึ้น ซึ่งจะดึงหรือดันท่อแขนส่วนล่างรวมทั้งข้อมือและนิ้วมือให้พับขึ้น-ลงได้ ส่วนของข้อศอกนี้ต้องการแรงดึงและผลักมาก ส่วนการขับเคลื่อนข้อศอกจะใช้น็อตตัวผู้ยาวประมาณ 3 นิ้ว และน็อตตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมียทำเป็นภระบอกยาวเพื่อที่จะให้น็อตตัวผู้เคลื่อนที่เข้า-ออกได้ในขณะขับเคลื่อน ปลายด้านหนึ่งของน็อตตัวเมียจะเจาะรูเพื่อใช้สอดร้อยกับตัวยึดที่ติดตั้งไว้ที่ท่อนแขนส่วนล่าง เมื่อมอเตอร์หมุนน็อตตัวผู้ที่ติดอยู่กับตัวมันหมุนตาม ทำให้น็อตตัวเมียเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามการหมุนของมอเตอร์ ทำให้ข้อศอกพับเข้าหรือเหยียดออกได้

ส่วนที่ 5 เป็นส่วนข้อมือส่วนนี้จะใช้มอเตอร์ขนาดเล็กเป็นต้นกำเนิดกำลัง โดยประกอบเข้ากับเกียร์ทดอีกทีหนึ่งเพื่อให้ได้แรงบิดมากขึ้น ใช้เฟืองทดทั้งหมด 4 ตัว ส่วนวิธีการทำข้อมือให้พับไป-มาได้นั้นจะใช้หลักการของการม้วนเชือกเข้ากับโรลเลอร์(ROLLER) โดยที่เพลาขับจะติดโรลเลอร์ไว้และมีรูสำหรับยุดเชือกไว้ เมื่อหมุนเพลาไปก็จะทำให้โรลเลอร์หมุนตามพร้อมกับหมุนเชือกเข้ากับตัวโรลเลอร์ ทำให้เชือกถูกดึงเข้ามา ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกจะยึดติดไว้กับฐานนิ้วมือจะทำให้ข้อมือและนิ้วมือถูกดึงลงมาด้วย โดยที่จุดหมุนของข้อมือทั้งสองข้างจะมีสปริงดึงไว้เพื่อให้ข้อมือพับกลับช้าๆในขณะที่มอเตอร์ค่อยๆหมุนกลับและคลายเชือกออก การติดตั้งมอเตอร์จะติดตั้งไว้ภายในโพรงของท่อเอสลอน ดังแสดงในรูปที่ 28

ส่วนที่ 6 เป็นส่วนนิ้วมือ ส่วนนี้จะใช้ดันเบรคหน้ารถจักรยานยนต์สองอันมาดัดแปลงให้มีรูปร่างคล้ายกับนิ้วมือ ดังแสดงในรูปที่ 28

สำหรับตัวขับเคลื่อนให้นิ้วมือขยับเข้า-ออกนั้นจะใช้มอเตอร์จากเครื่องเป่าผมขนาดเล็ก 12 โวลท์ ดี.ซี. ประกอบเข้ากับชุดเฟืองทดอีกเช่นเดียวกันกับตัวอื่นๆเพื่อให้รอบต่ำลงแต่ได้แรงบิดสูง ที่เพลาส่งถ่ายกำลังจะทำเป็นเกลียวยาวยื่นออกมาประมาณ 1.5 นิ้ว เพื่อขับน็อตตัวเมียให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ ส่วนน็อตตัวเมียจะทำขึ้นมาโดยเฉพาะจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยปลายทั้งสองข้างจะบากเป็นร่องตรงกลางแล้วเจาะรูเล็กๆ ตรงช่องปากนี้จะมีก้านเหล็กเล็กๆสอดเข้ามาและใช้สลักตอกยึดผ่านรูที่เจาะไว้ โดยให้ก้านเหล็กนี้หมุนไป-มาได้ทั้งสองข้าง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของก้านเหล็กทั้งสองจะเจาะรูเล็กๆไว้เช่นกัน เพื่อที่จะนำไปสวมยึดกับส่วนของนิ้วมือ โดยจะเป็นตัวดึงนิ้วมือทั้งสองเข้า-ออก ในขณะมอเตอร์หมุนเพลาส่งถ่ายกำลังก็จะหมุนน็อตตัวเมียที่มีเหล็กทั้งสองติดอยู่ด้วย โดยจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงไปตามเกลียวของเพลา เมื่อเพลาหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้น็อตตัวเมียเคลื่อนที่ขึ้นและก้านทั้งสองก็จะไปดันนิ้วมือให้หุบเข้า ในทำนองเดียวกันขณะที่เพลาหมุนตามเข็มนาฬิกาน็อตตัวเมียก็จะเคลื่อนที่ลง ก้านเหล็กก็จะดึงนิ้วมือทั้งสองให้กางออกจากกัน ซึ่งจะสามารถทำให้นิ้วมือหุบเข้าและกางออกได้ตามต้องการ. ดังแสดงในรูปที่ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

1. วางเครื่องรับห่างจากเครื่องส่งประมาณ 5-10 เมตร
2. เปิดสวิทช์จ่ายไฟให้กับเครื่องส่งและเครื่องรับ
3. กดสวิทช์ S2 แล้วส่วนเอวจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
4. กดสวิทช์ S1 แล้วกดสวิทช์ S2 จะทำให้ส่วนเอวหมุนทวนเข็มนาฬิกา
5. กดสวิทช์ S3 ส่วนหัวไหล่จะเคลื่อนที่
6. กดสวิทช์ S4 ส่วนข้อศอกจะเคลื่อนที่
7. กดสวิทช์ S5 ส่วนข้อมือจะเคลื่อนที่
8. กดสวิทช์ S6 ส่วนนิ้วมือจะเคลื่อนที่

หมายเหตุ เมื่อกดสวิทช์ S1 พร้อมกับสวิทช์ตัวอื่น ๆ จะทำให้ส่วนต่าง ๆ ของแขนกุนยนต์เคลื่อนที่กลับทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

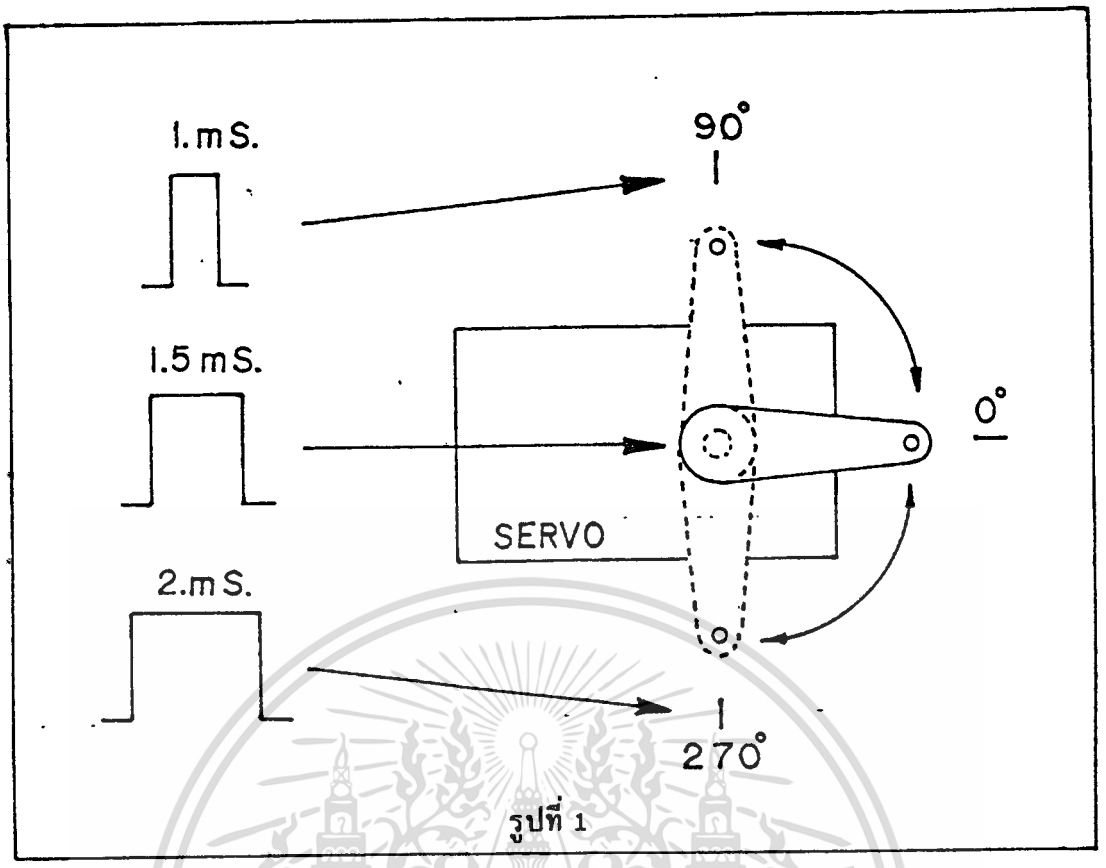
บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

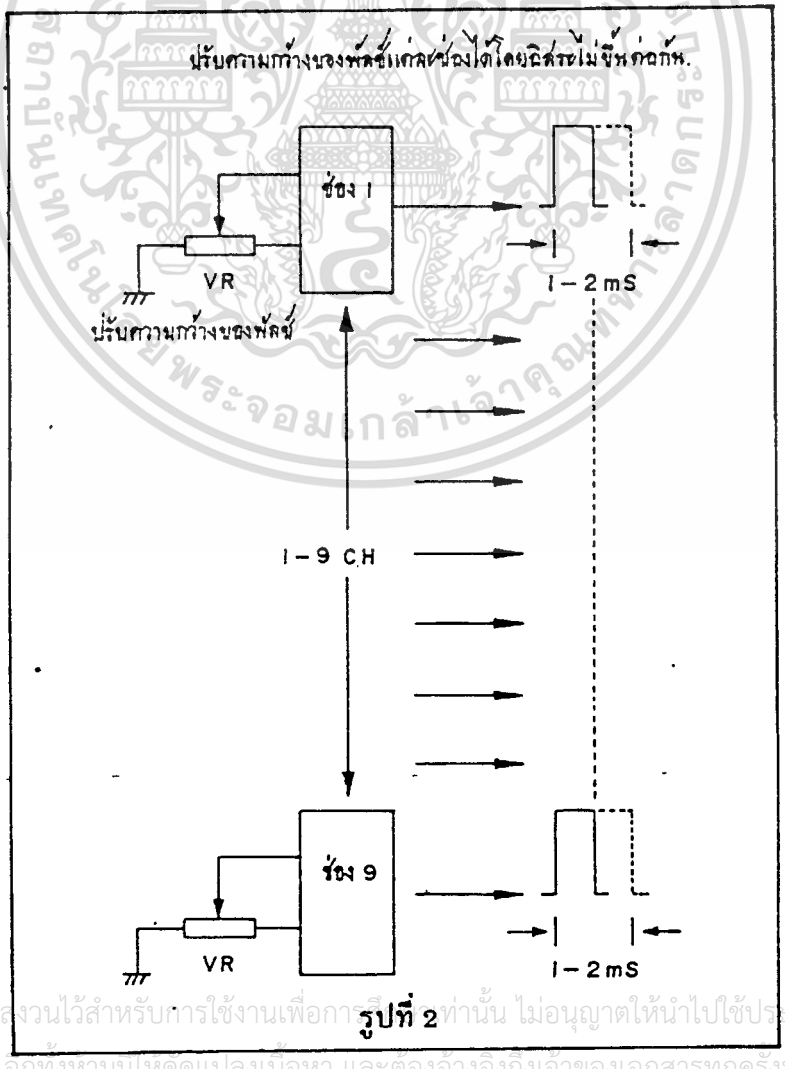
จากการสร้างเครื่องรับ-ส่งวิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล ปรากฏว่าเครื่องส่งและเครื่องรับไม่ประสบปัญหาแต่อย่างใด เมื่อประกอบวงจรเสร็จและทำการปรับแต่งเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้งานได้ ส่วนที่ประสบปัญหาคือ ภาคสร้างรหัสและภาคถอดรหัส ปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาคสร้างรหัสคือ ลายปริ้นท์ขาด หลังจากที่ได้แก้ไขแล้วก็สามารถใช้งานได้ ส่วนภาคถอดระหัสนั้นเกิดปัญหาที่ตัวไอซี 7490 เสีย เมื่อเปลี่ยนตัวใหม่เข้าไปไอซีตัวนี้ก็สามารถให้เอ้าท์พุทเป็นเลขรหัส BCD ได้

ปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นกับ project นี้ คือ การสร้างแชนหุ่นยนต์ ในการสร้างแชนหุ่นยนต์นั้นกลุ่มผู้สร้างต้องกลึงเพลา, น็อตและบูชต่าง ๆ ตลอดทั้งการหาฟันเฟืองเพื่อประกอบเป็นเกียร์ทด มีปัญหาเกี่ยวกับการหาขนาดฟันเฟืองที่พอเหมาะและเจาะติดตั้งเพื่อให้ได้ศูนย์ แต่ทางกลุ่มผู้สร้างก็ได้พยายามอย่างเต็มที่จนแชนหุ่นยนต์ตัวนี้สำเร็จ และคิดว่าแชนหุ่นยนต์ตัวนี้ยังมีข้อบกพร่องอีกมาก เพราะขาดวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้สร้างโดยตรง เมื่อสร้างได้สำเร็จถึงเพียงนี้ก็นับว่าเป็นความภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่ง แชนหุ่นยนต์ตัวที่ควบคุมด้วยคลื่นวิทยุตัวนี้คงจะเป็นแนวทางให้บุคคลอื่นที่สนใจนำไปเป็นแนวความคิดเพื่อพัฒนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

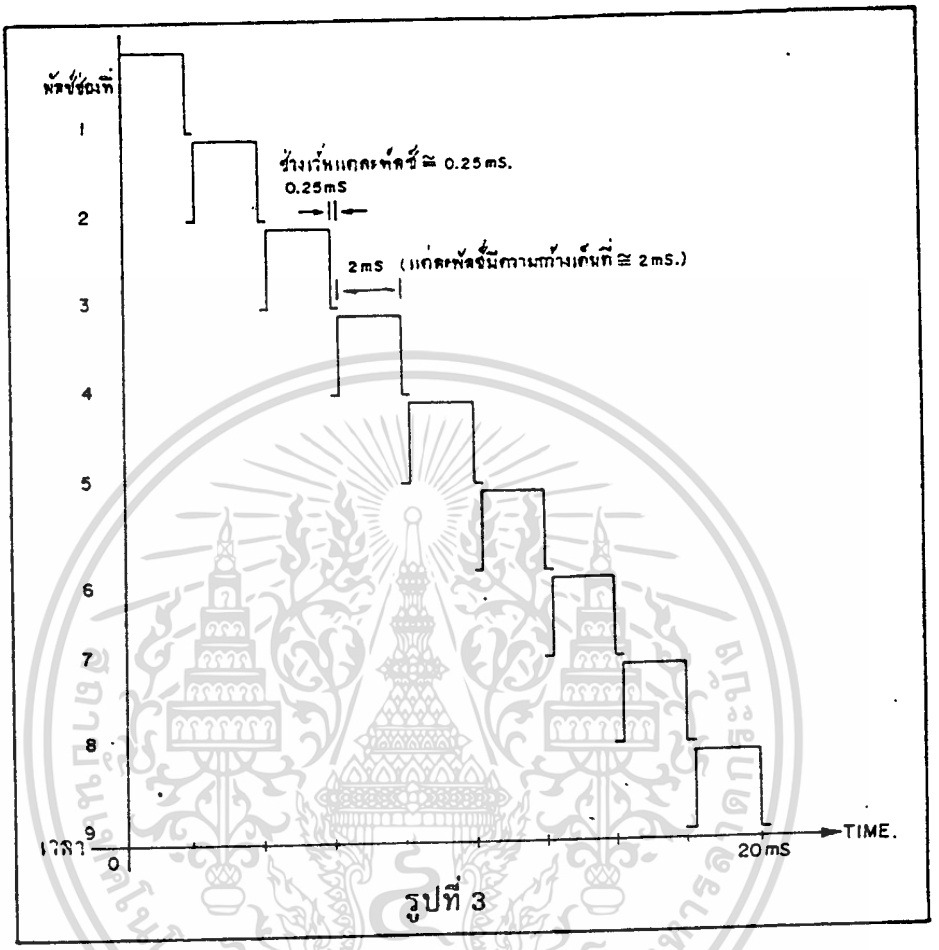


รูปที่ 1

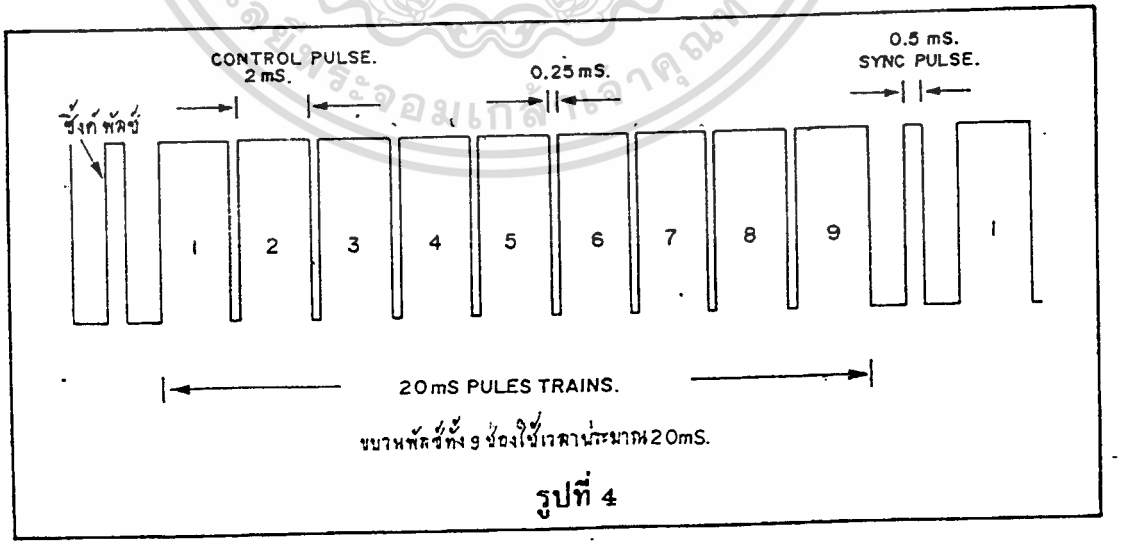


รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

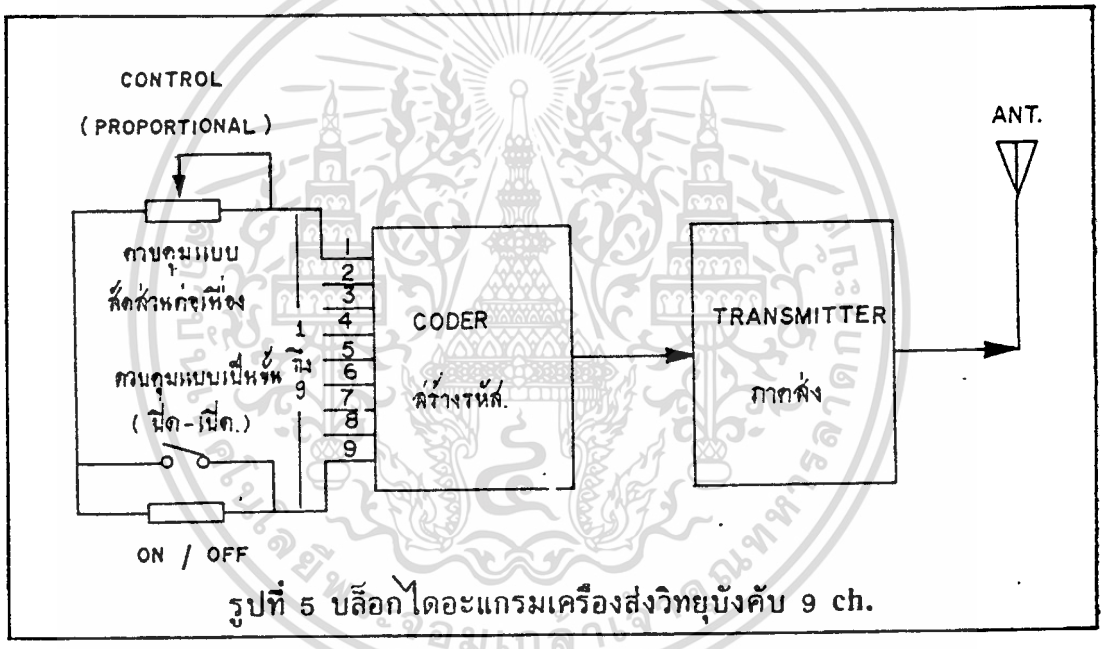


รูปที่ 3



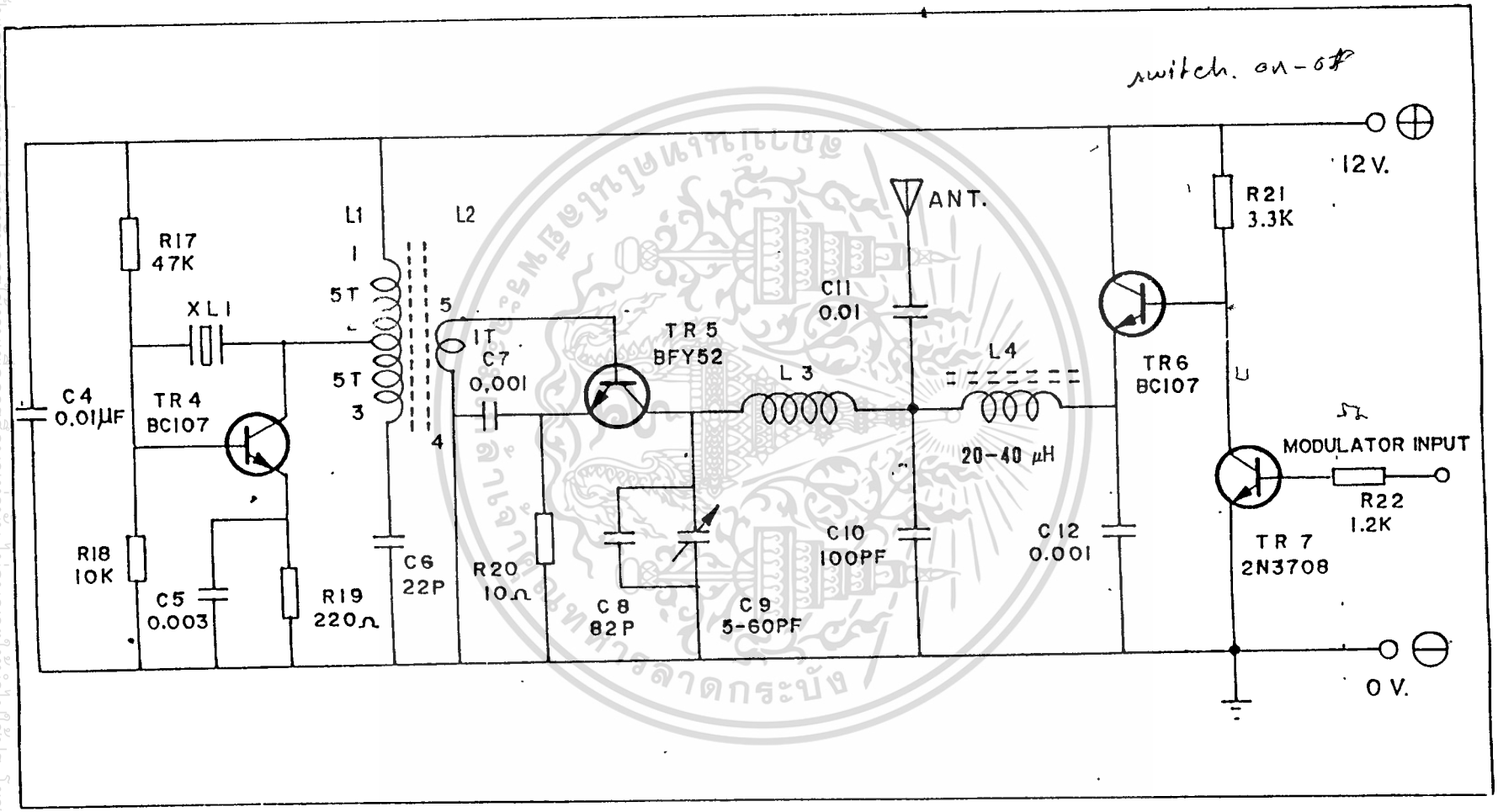
รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

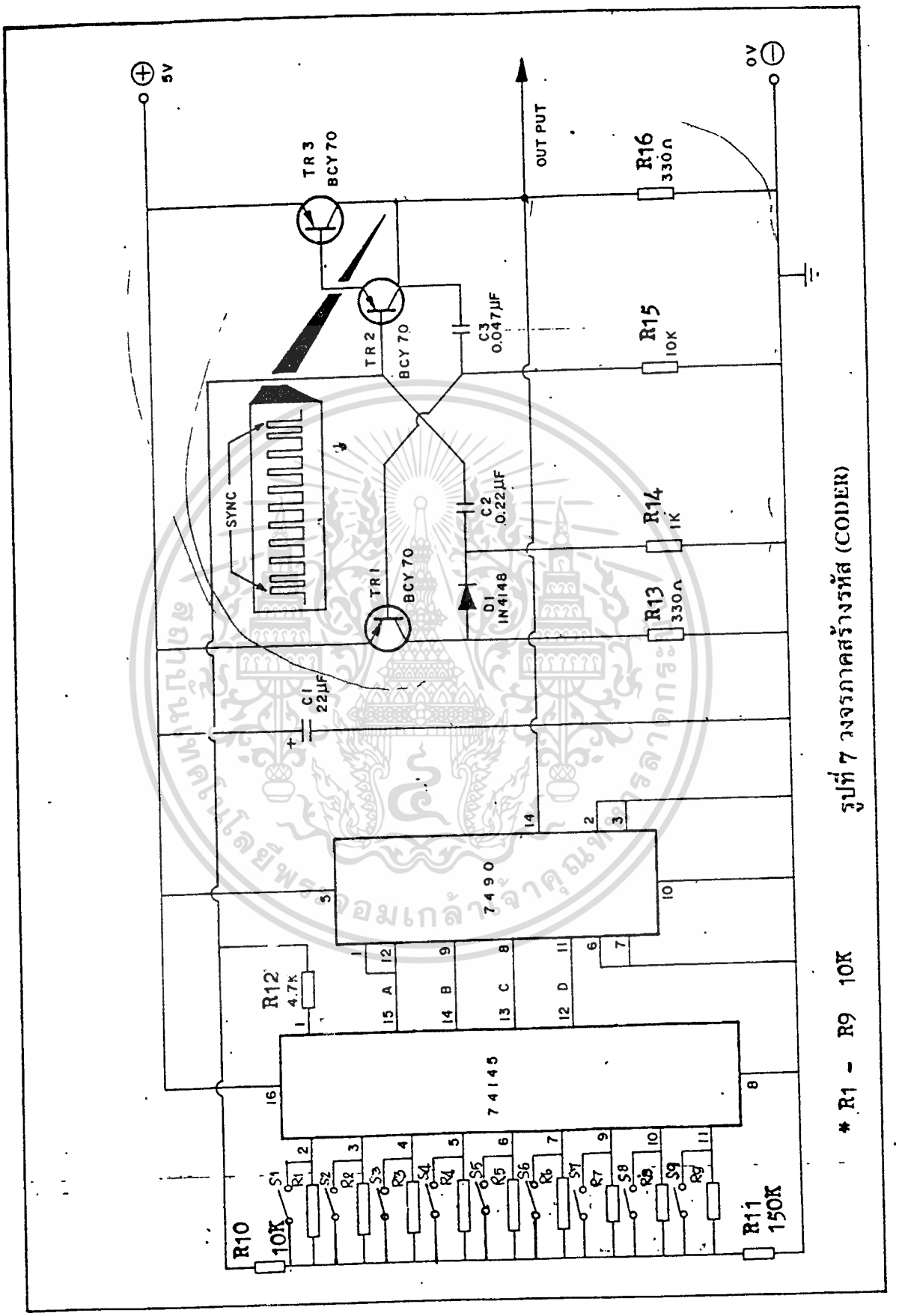


รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุบังคับ 9 ch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

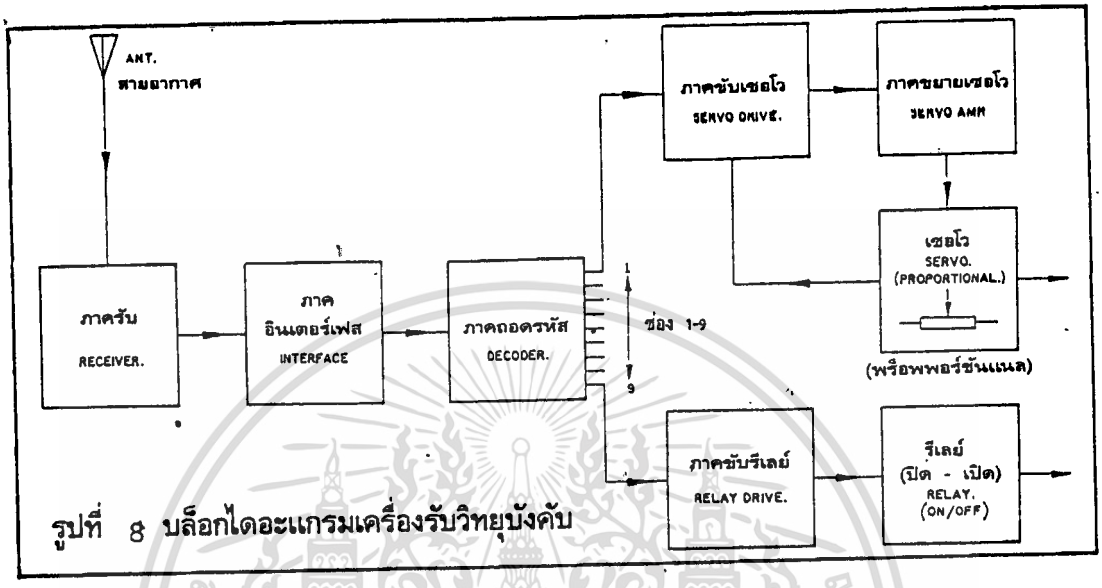


รูปที่ 6 วงจรภาคส่งคลื่นวิทยุ (TRANSMITTER)

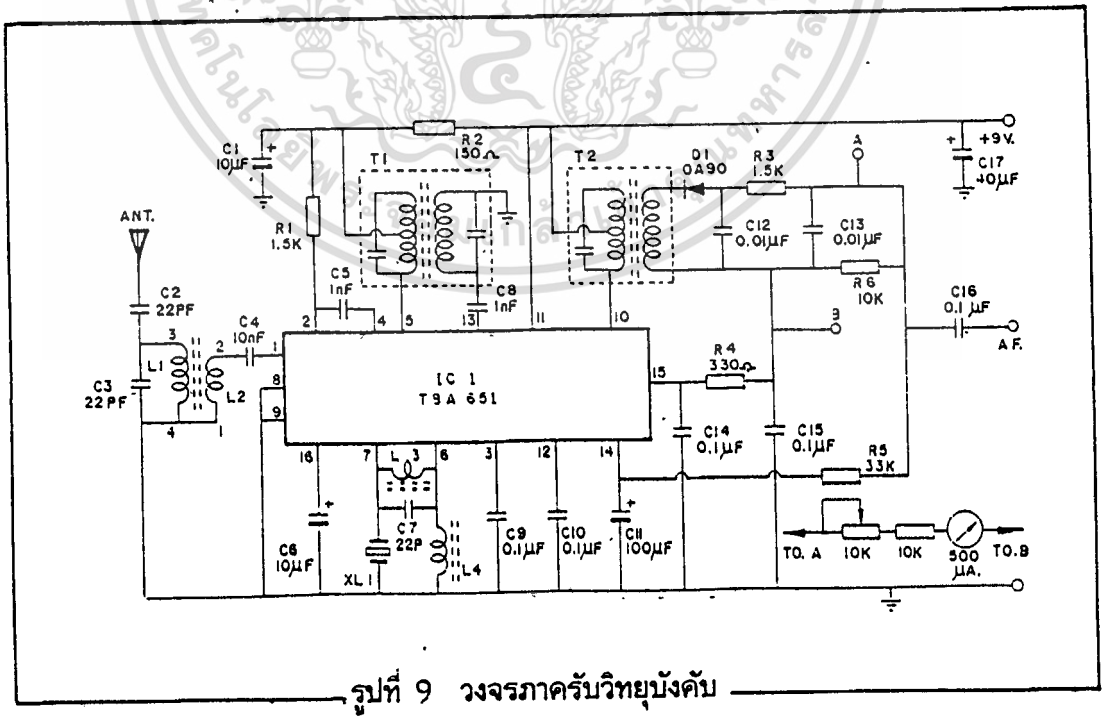


รูปที่ 7 วงจรภาคสร้างรหัส (CODER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

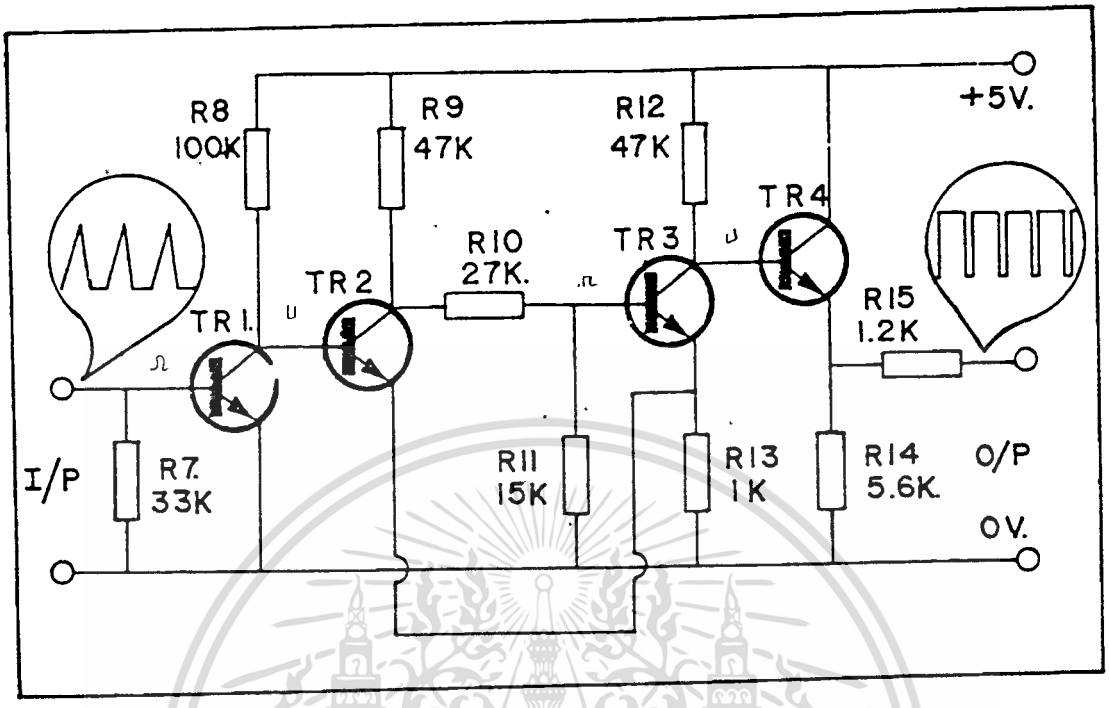


รูปที่ 8 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับวิทยุบังคับ

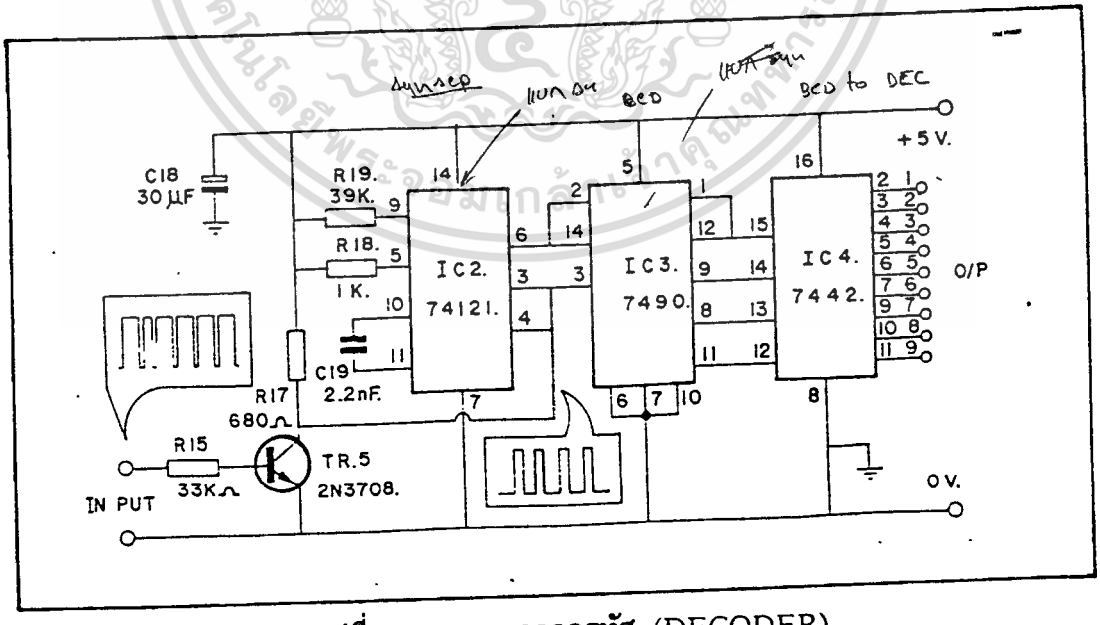


รูปที่ 9 วงจรภาครับวิทยุบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

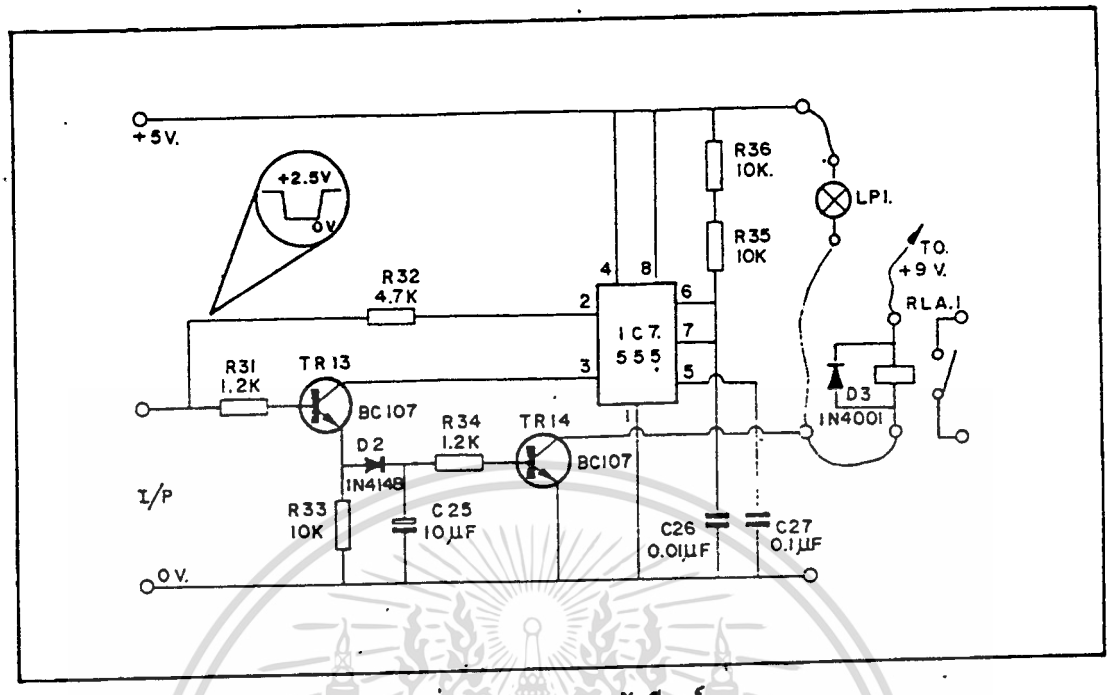


รูปที่ 10 วงจรภาคอินเตอร์เฟส ทีทีแอล (TTL interface)

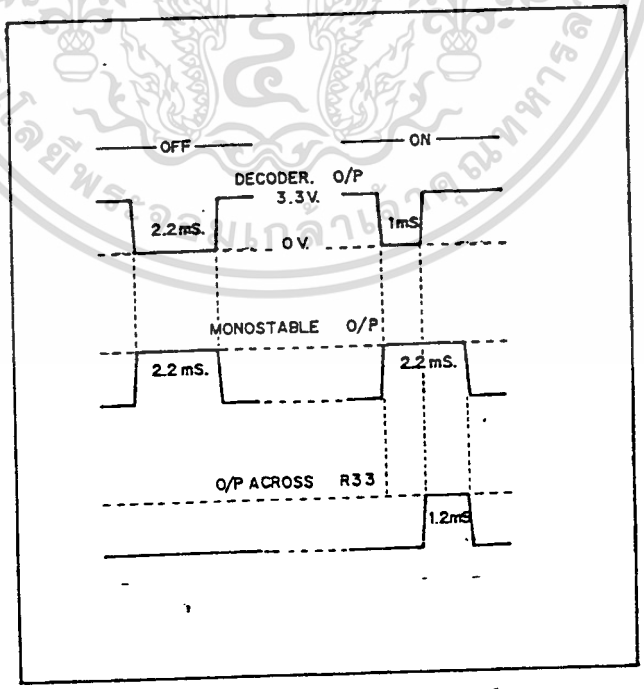


รูปที่ 11 วงจรภาคถอดรหัส (DECODER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

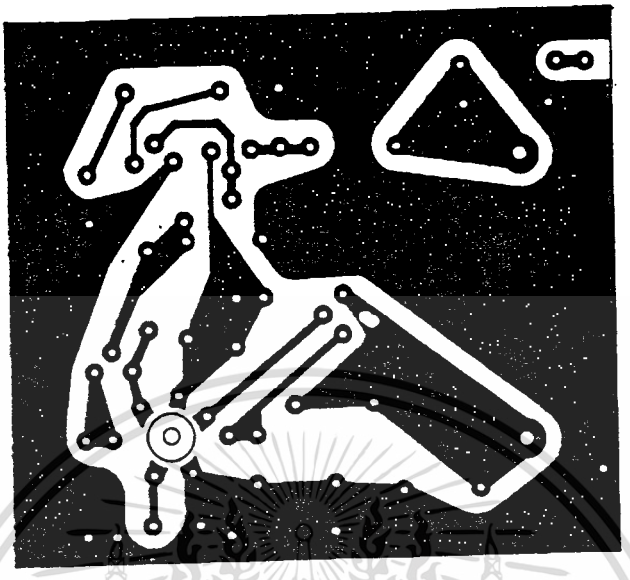


รูปที่ 12 วงจรภาคขับรีเลย์

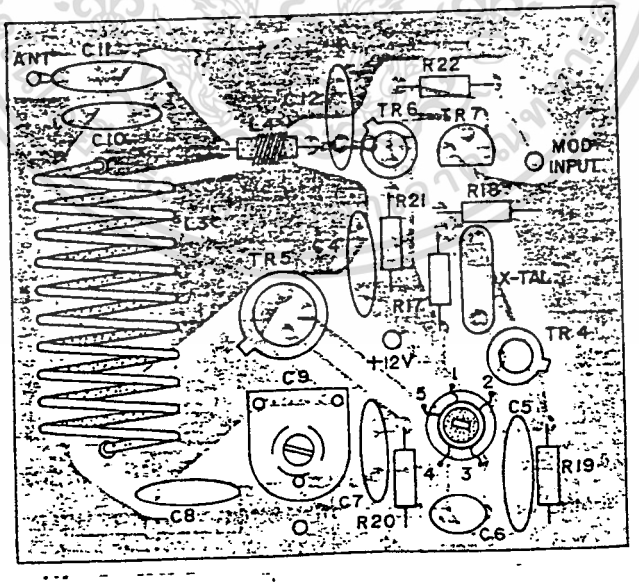


รูปที่ 13 รูปคลื่นแสดงการทำงานของภาคขับรีเลย์ (RELAY DRIVE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

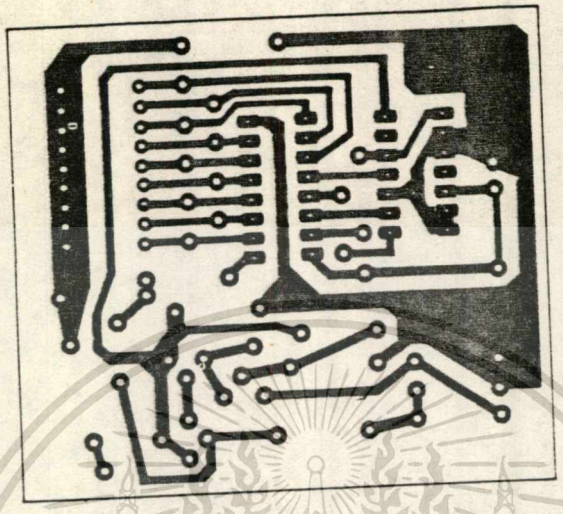


รูปที่ 14 ลายปริ้นท์เท่าของจริงภาคส่งคลื่นวิทยุ

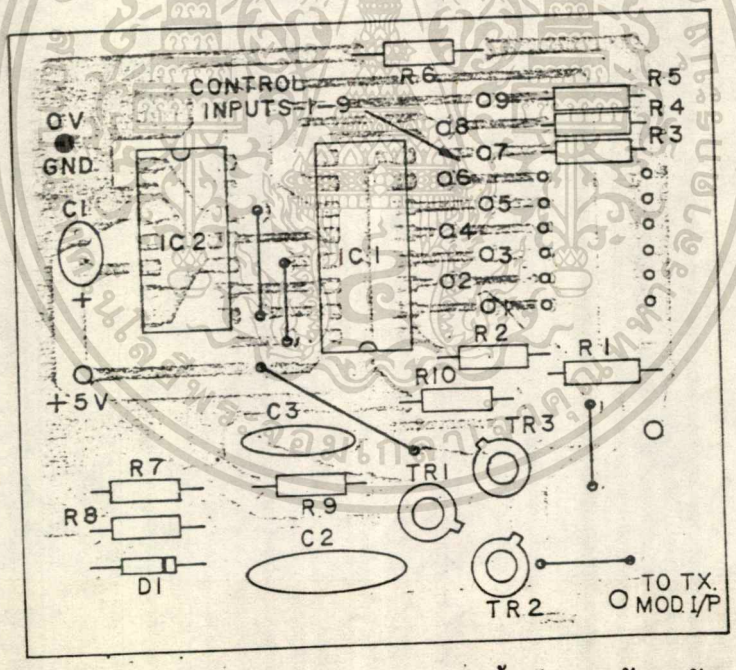


รูปที่ 15 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์บนปริ้นท์ภาคส่งคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

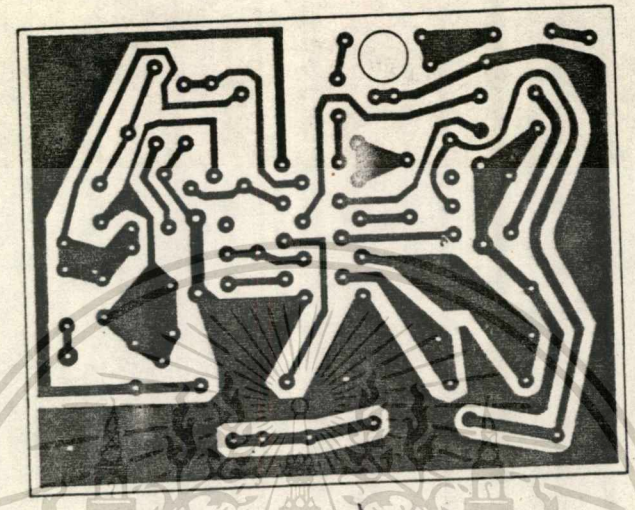


ลายปริ้นท์เท่าของจริงภาคสร้างรหัส

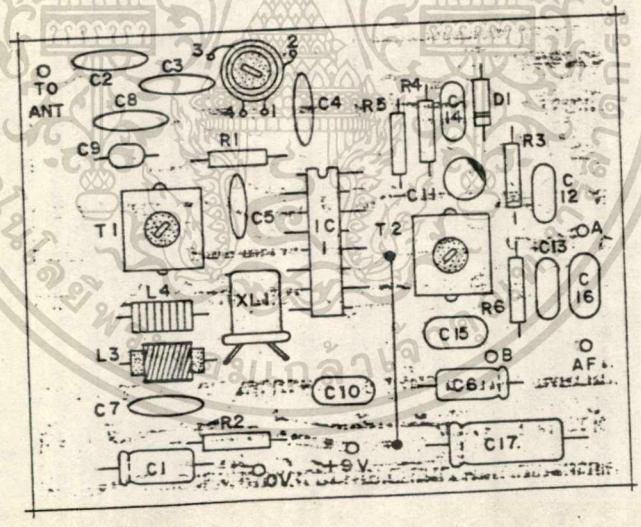


รูปที่ 16 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนปริ้นท์ภาคสร้างรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



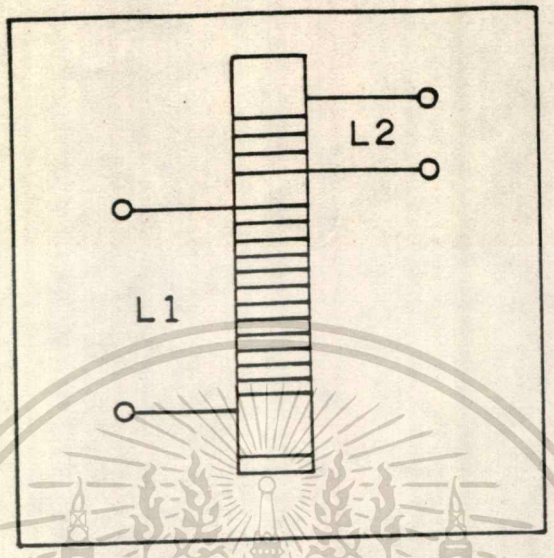
ลายปริ้นท์ภาครับขนาดเท่าของจริง



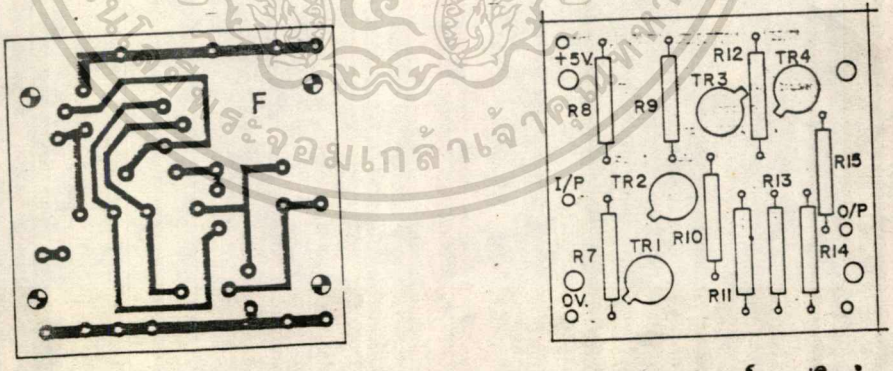
แสดงตำแหน่งการลงอุปกรณ์บนปริ้นท์

รูปที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 แสดงการพันคอยล์ L1, L2 ลงบนกระบอกคอยล์อันเดียวกัน

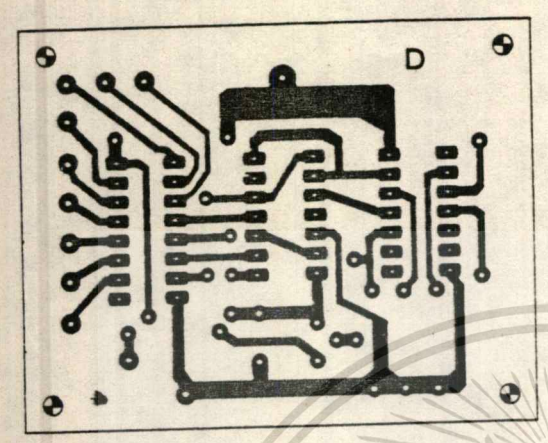


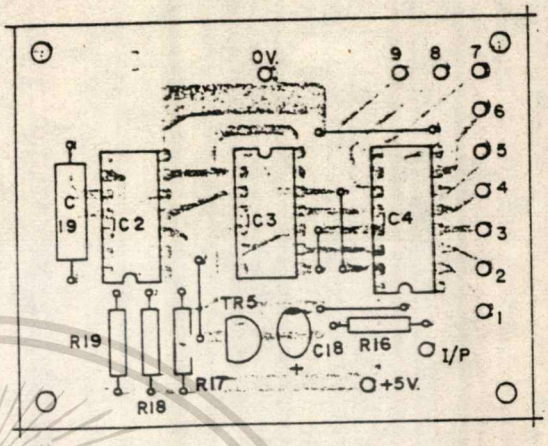
ลายปริ้นท์เท่าของจริง

ตำแหน่งอุปกรณ์บนปริ้นท์

รูปที่ 19 แสดงลายปริ้นท์และตำแหน่งอุปกรณ์บนปริ้นท์ภาคทีทีแอล อินเตอร์เฟส

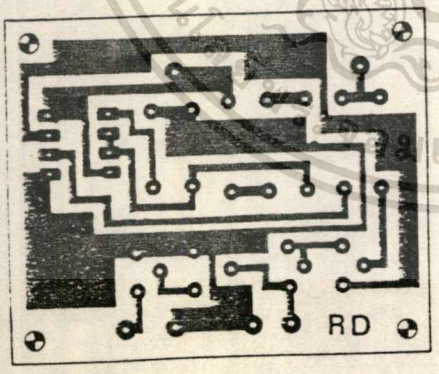
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

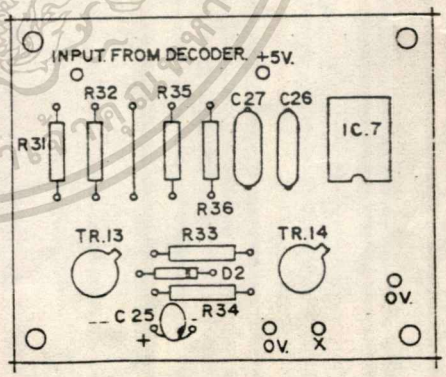




ลายปริ้นท์ แสดงการลงอุปกรณ์บนปริ้นท์

รูปที่ 20 แสดงลายปริ้นท์และตำแหน่งการลงอุปกรณ์ภาคถอดรหัส (DECODER)

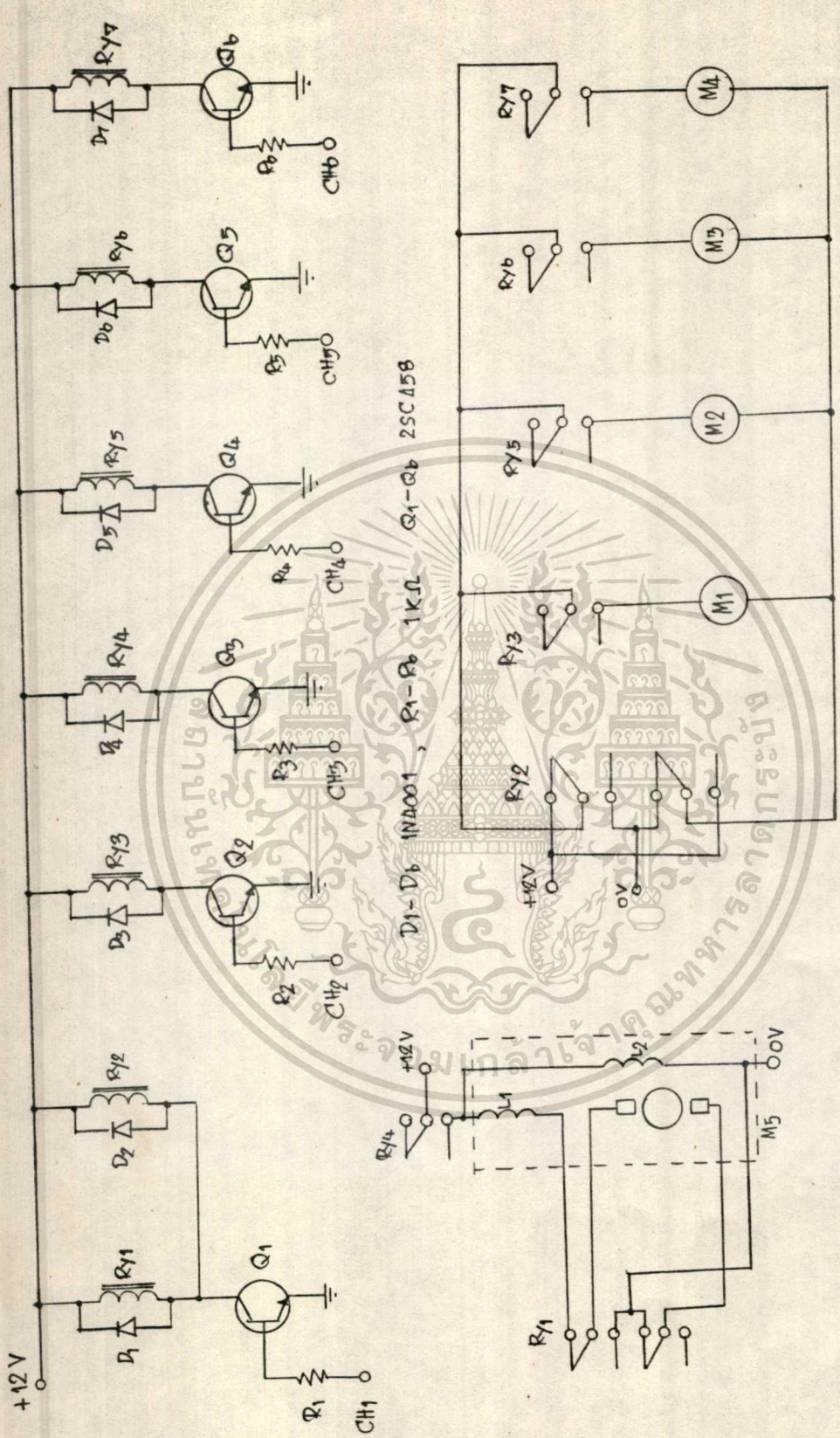




รูปที่ 21

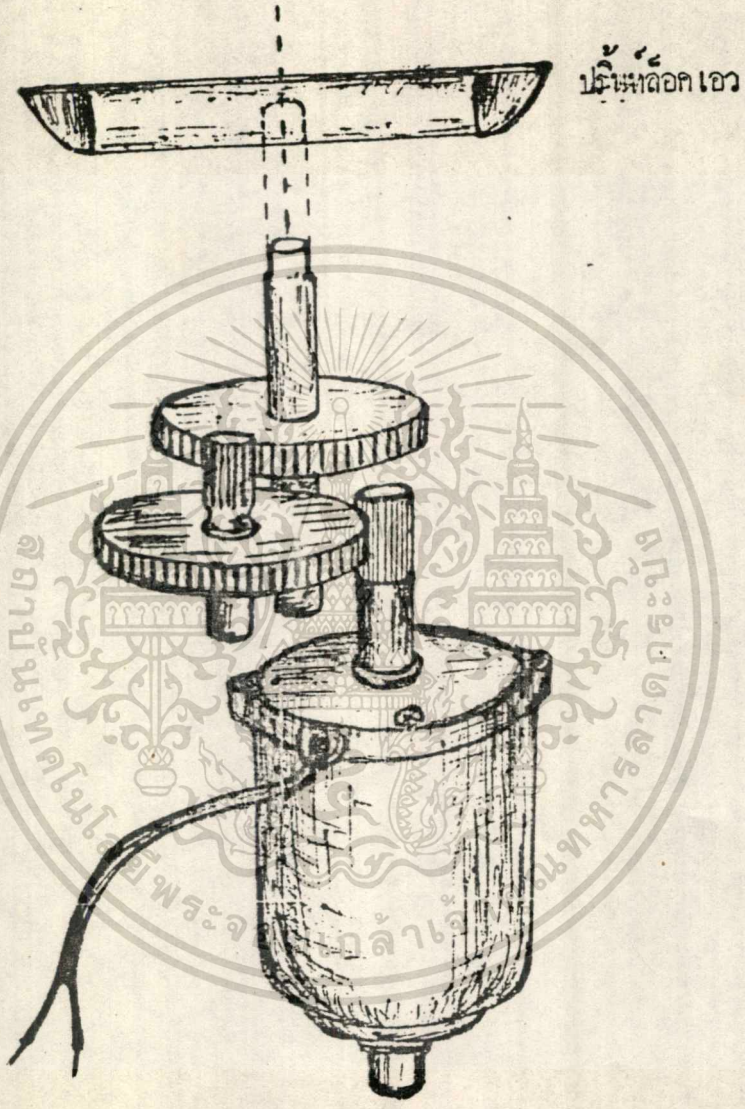
รูปลายปริ้นท์เท่าของจริง และตำแหน่งการลงอุปกรณ์บนปริ้นท์ภาคขับรีเลย์ (RELAY DRIVE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



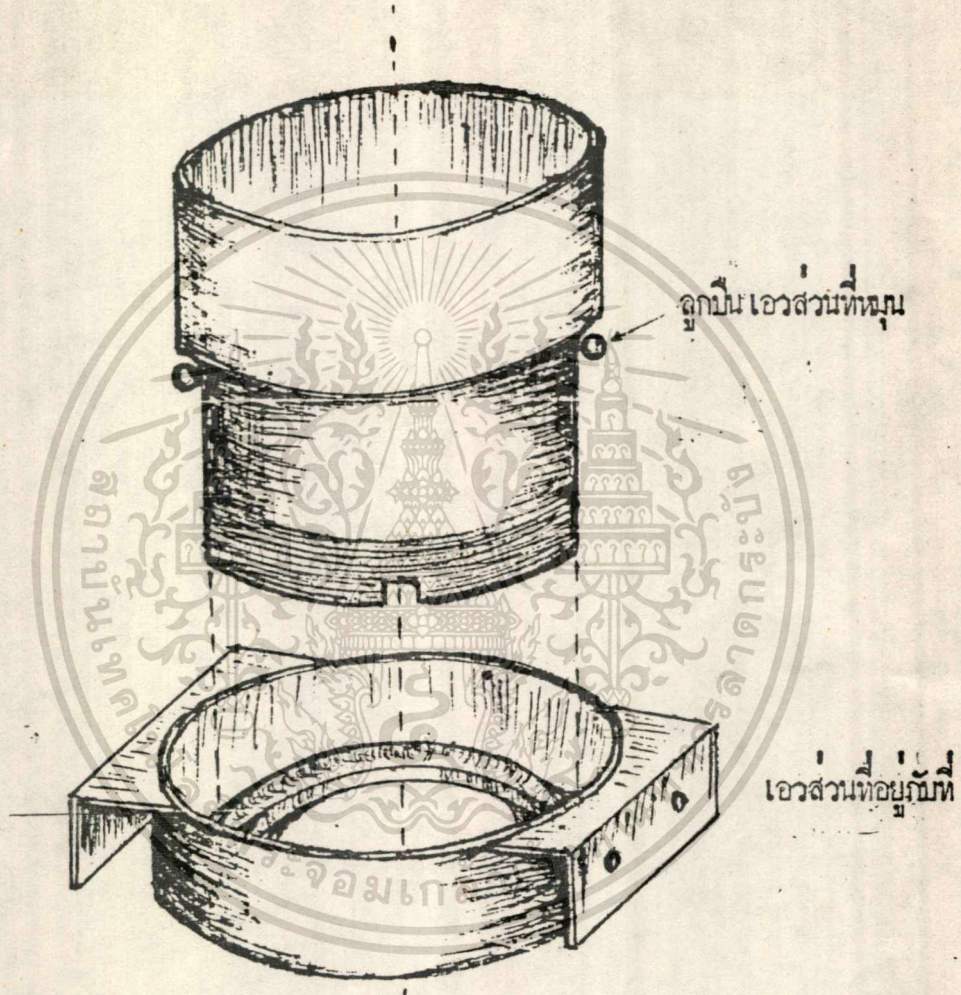
รูปที่ 22 ชุดคอนแทครีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



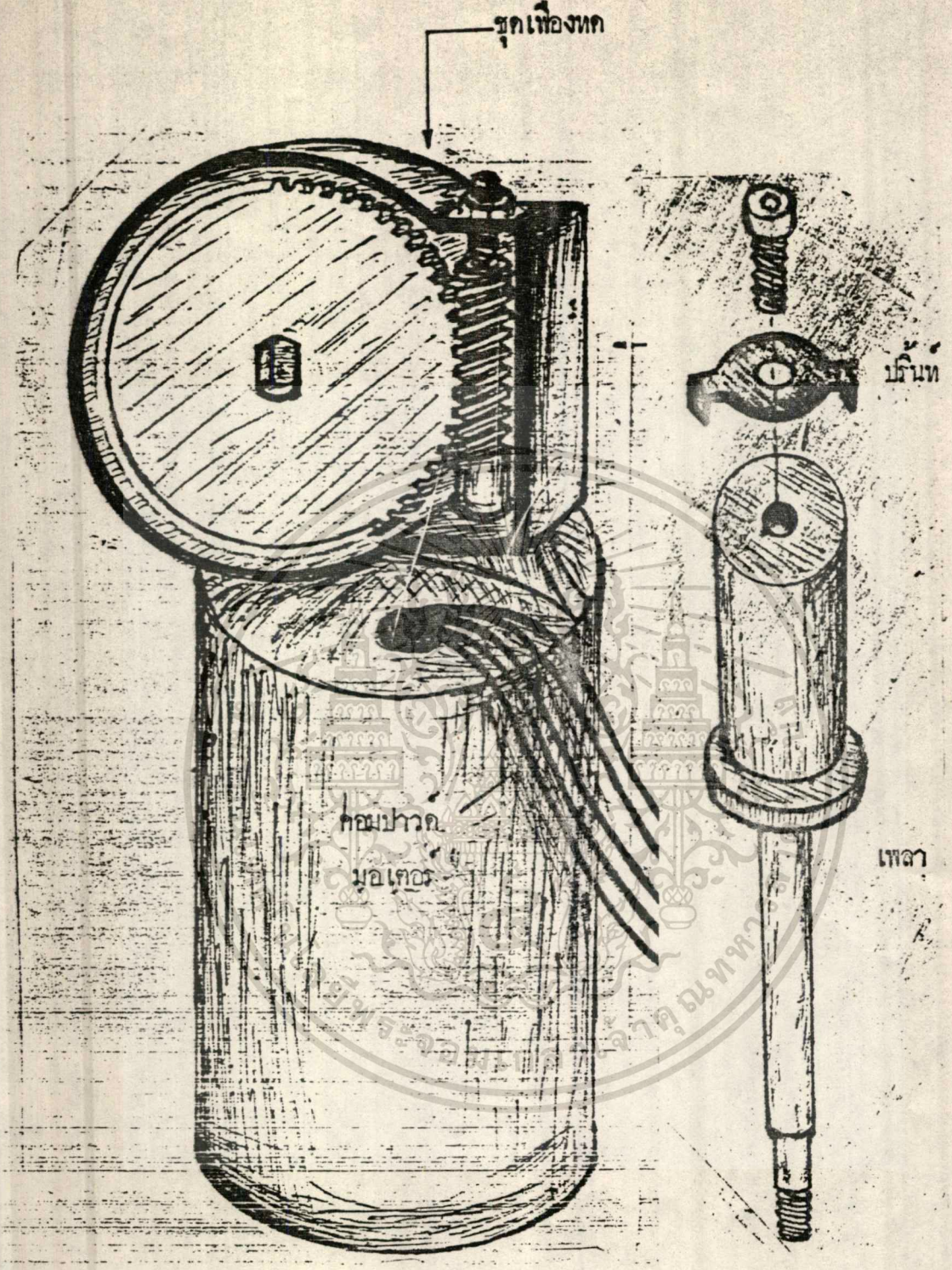
รูปที่ 23 ชุดขับเคลื่อนเอว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



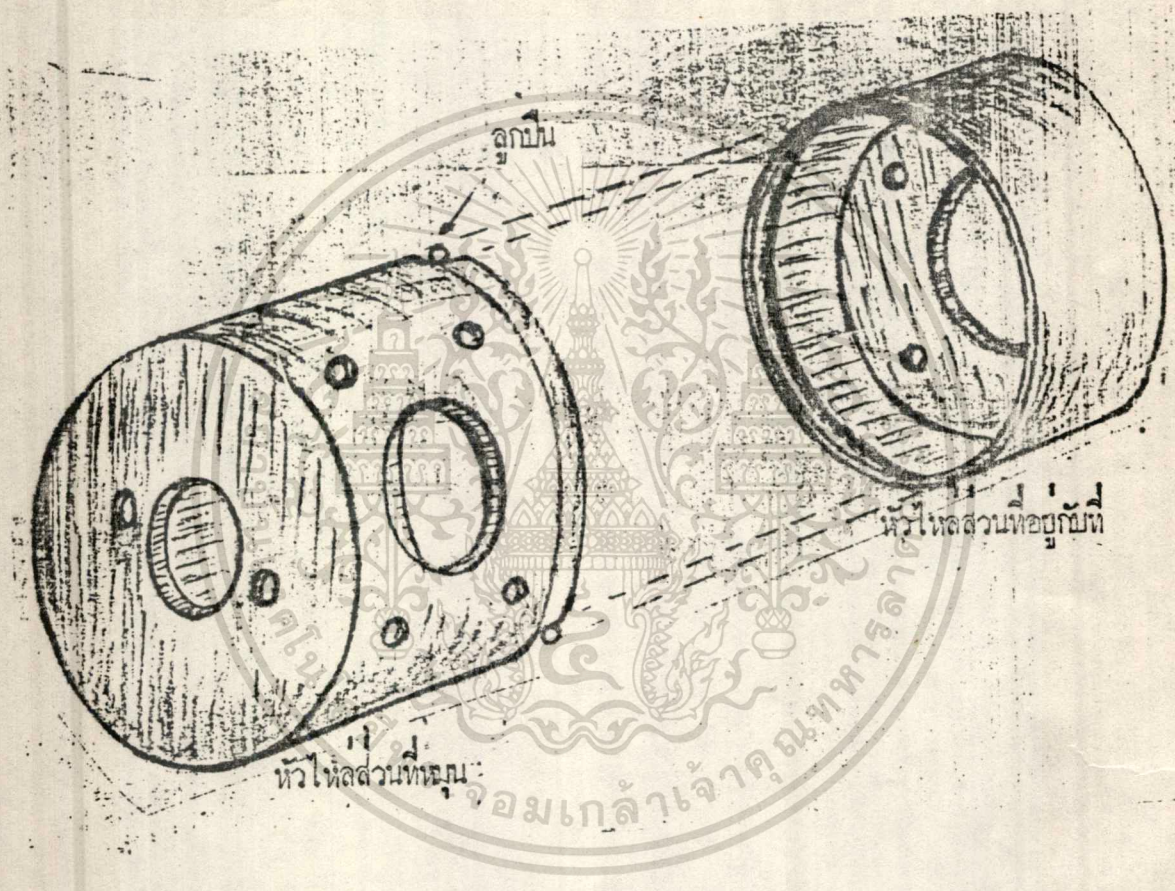
รูปที่ 24 ส่วนของเอว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 ชุดติดตั้งและขับเคลื่อนหัวไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

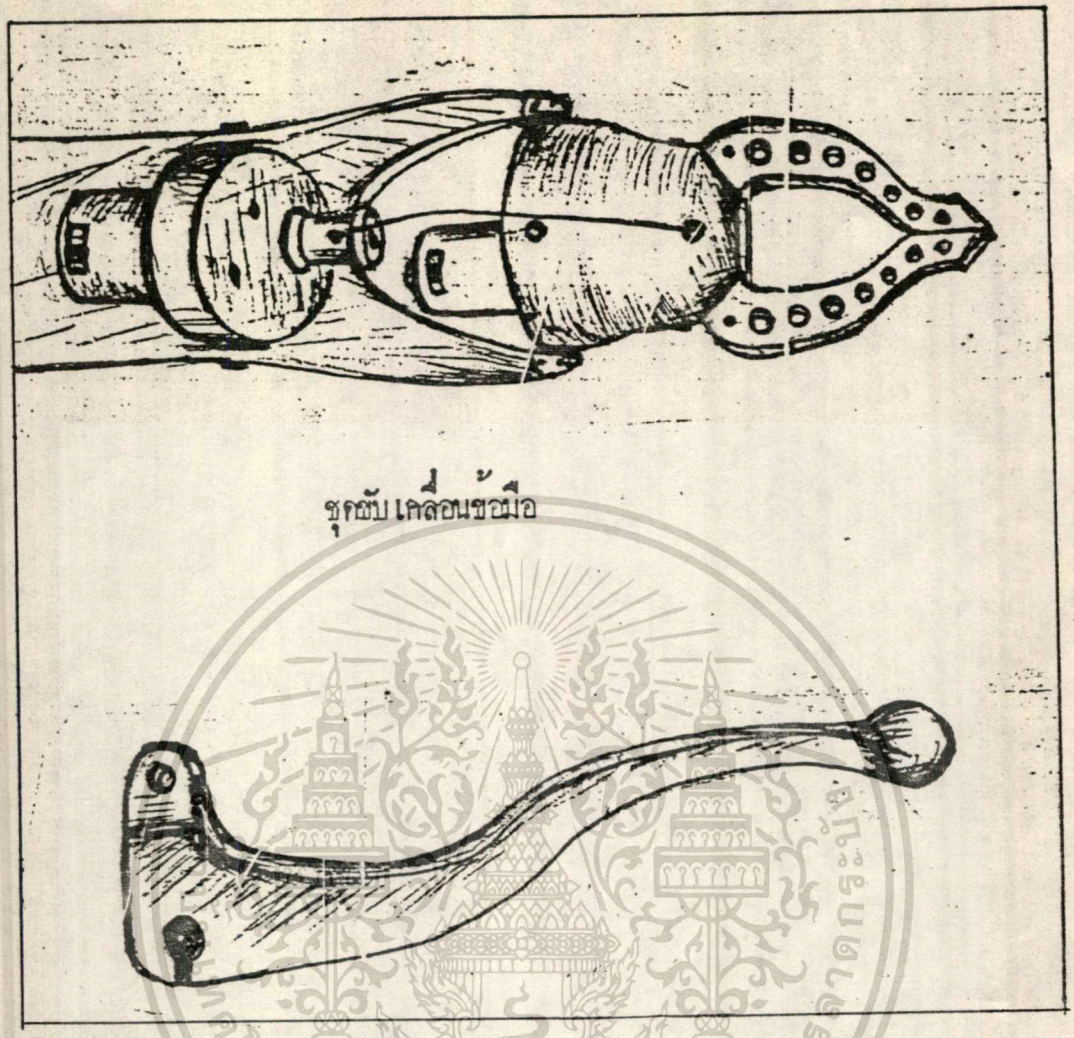


รูปที่ 26 ชุดหัวไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 27 ชุดต้นแบบข้อศอก

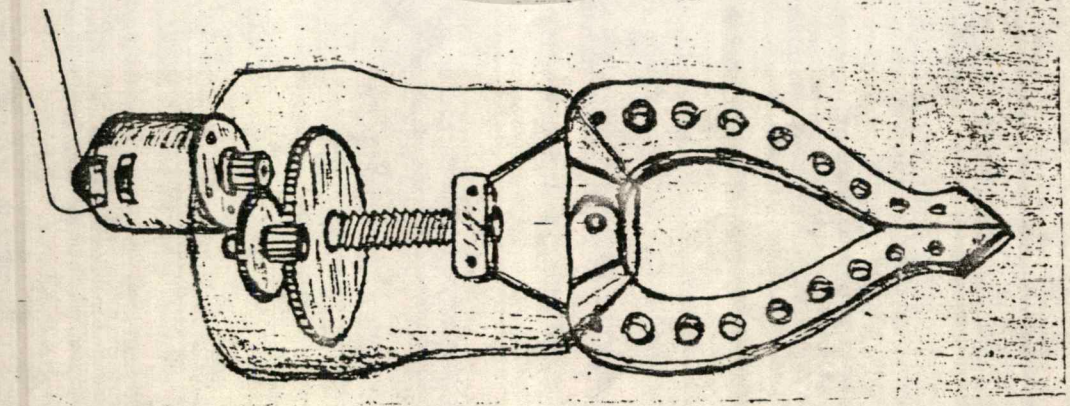
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดขับเคลื่อนข้อมือ

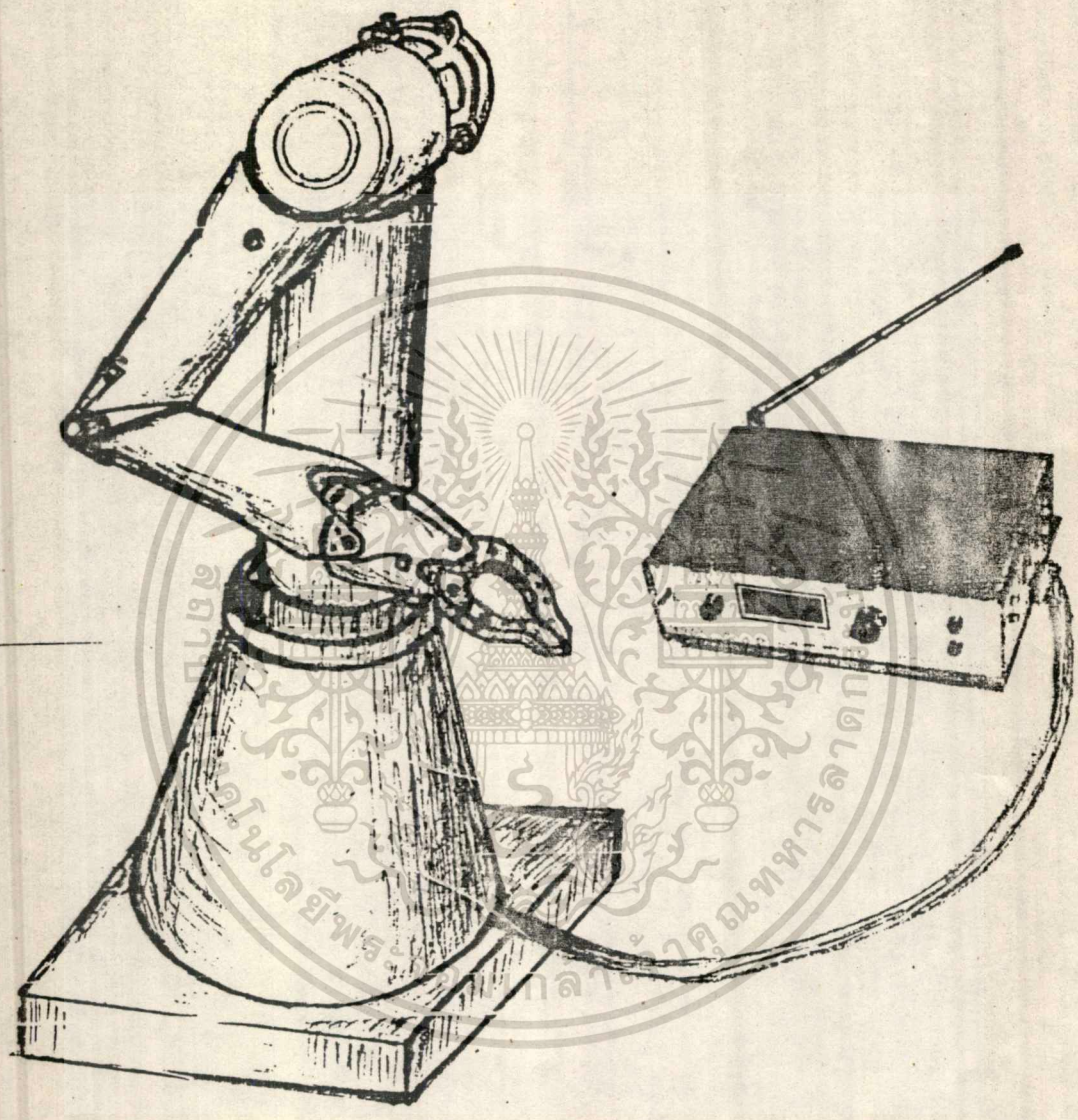
คันเบรคหน้ารถจักรยานยนต์

รูปที่ 28



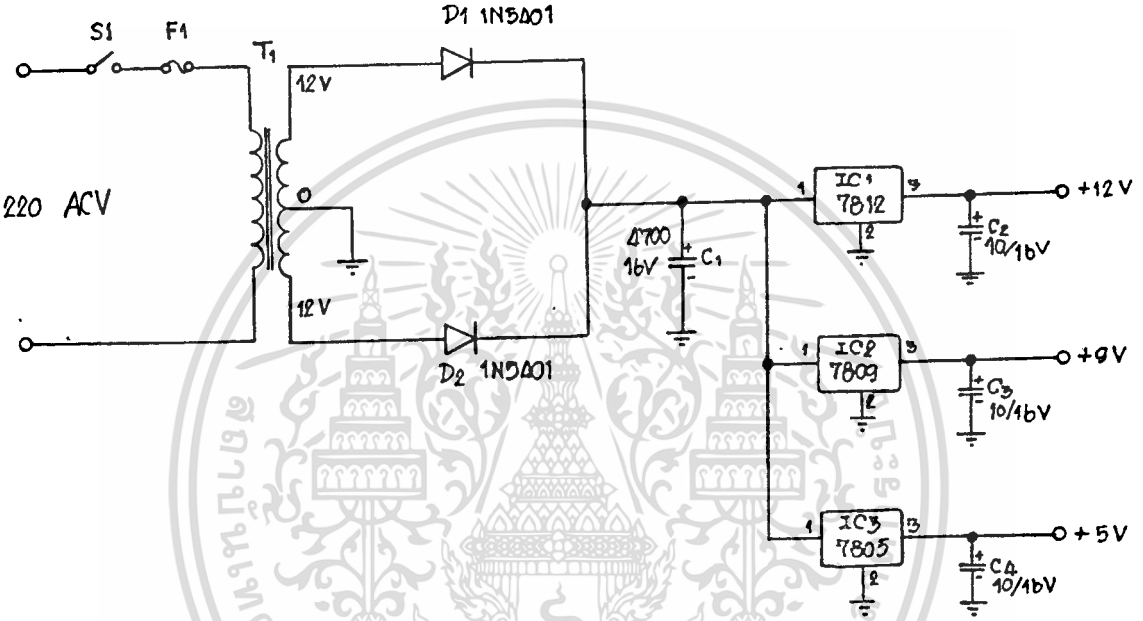
รูปที่ 29 ชุดขับเคลื่อนข้อมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 แขนหุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COUNT	OUTPUT			
	11	8	9	12
	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

——— หมายเลขขาไอซี

——— อักษรตำแหน่งรหัส

0 = L = LOW

1 = H = HIGH

ตารางที่ 1 แสดงตรรกของไอซี 7490

NO.	INPUT				OUTPUT									
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

0 = L = LOW 1 = H = HIGH

ตารางที่ 2 แสดงตรรกของไอซี 74145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาคสร้างรหัส (CODER)	
รีซิสเตอร์ 1/4 W 5 %	**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**
R1-R10 10 K โอห์ม	TR1-3 BCY70
R11 150 K โอห์ม	IC1 74145
R12 4.7 K โอห์ม	IC2 7490
R13,R16 330 โอห์ม	D1 1N4148
R14 1 K โอห์ม	**อุปกรณ์อื่นๆ**
R15 10 K โอห์ม	แผ่นปริ้นท์, ตา ไก่
คาปาซิเตอร์	S1-S9 สวิทช์ปิด-เปิด
C1 22 uF แทนทาลัม	
C2 0.22 uF เซอรามิก	
C3 0.0047 uF เซอรามิก	

ตารางที่ 3

รายการอุปกรณ์ภาคอินเตอร์เฟสทีทีแอล (TTL. INTERFACE)	
รีซิสเตอร์ 1/4 W 5 %	**ทรานซิสเตอร์**
R7 33 K	TR1-4 BC 108
R8 100 K	**อื่นๆ**
R9,R12 47 K	แผ่นปริ้นท์
R10 27 K	
R11 15 K	
R13 1 K	
R14 5.6 K	
R15 1.2 K	

ตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาคถอดรหัส (DECODER)	
รีซิสเตอร์ 1/4 W 5 %	**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**
R16 3.3 K	TR5 2N3708
R17 680 K	IC2 74121
R18 1 K	IC3 7490
R19 39 K	IC4 7442
คาปาซิเตอร์	**อื่นๆ**
C18 30 uF 10 V (แทนทาลัม)	แผ่นปริ้นท์
C19 0.022 uF (พลาสติก)	

ตารางที่ 5

รายการอุปกรณ์ภาครีบรีเลย์ (มีทั้งหมด 6 ชุด)	
รีซิสเตอร์ 1/4 W 5%	**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**
R31,R34 1.2 K	TR13,TR14 BC107
R32 4.7 K	IC7 NE555
R33,R36,R35 10 K	D2 1N4148
คาปาซิเตอร์	D3 1N4001
C25 10 uF 16 V (แทนทาลัม)	**อื่นๆ**
C26 0.01 uF	รีเลย์,แผ่นปริ้นท์
C27 0.1 uF	

ตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาคส่งคลื่นวิทยุ	
รีซสเตอร์ 1/4 W 5 %	**ทรานซิสเตอร์**
R17 47 K	TR4 BC107(B)
R18 10 K	TR5 BFY52
R19 220	TR6 BC107(B)
R20 10	TR7 2N3708
R21 3.3 K	**คริสตอล**
R22 1.2	XL1 26.995-27.245 MHz
คาปซิเตอร์	L4 RFC 20-40 uH
C4 0.01 uF เซอรามิก	
C5 0.003 uF "	
C6 22 pF "	
C7 0.001 uF "	
C8 82 pF "	
C9 5-60 pF (ทริมเมอร์)	
C10 1000 pF เซอรามิก	
C11 0.01 uF "	
C12 0.001 uF "	

ตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ภาครับ

รีซิสเตอร์ 1/4 W 5 %

R1,R3	1 K
R2	150
R4	330
R5	33 K
R6	10 K

คาปาซิเตอร์

C1	10 uF 25 V	อิเลคโตร
C2,C3	22 pF	เซอรามิก
C4	0.01 uF	"
C5,C8	0.001 uF	"
C6	10 uF 3 V	อิเลคโตร
C7	47 pF	เซอรามิก
C9,C10,C14,C15,C16	0.1 uF	พลาสติก
C11	100 uF 6 V	อิเลคโตร
C12,C13	0.01 uF	พลาสติก
C17	40 uF 15 V	อิเลคโตร

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC1	TBA651
D1	OA90

อินดัคเตอร์และทรานสฟอร์เมอร์

L1 พัน 13 รอบ กระบอกคอยล์ 5 มม. ลวดเบอร์ 28 SWG

L2 พัน 4 รอบ กระบอกคอยล์ 5 มม. มีสลักจูนลวดเบอร์ 28 SWG

L3 1.5 uH RF choke

L4 80 uH RF choke

T1 I.F.T. 1 455 KHz

T2 I.F.T. 2 455 KHz

อุปกรณ์อื่นๆ

XL1 แร่คริสตอล ย่าน 27 MHz กระบอกคอยล์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. (มีสลักจูน)

แผ่นปริ้นท์

ตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

signal generator สัญญาณจากเครื่อง ซิกแนลเยนเนอเรเตอร์	Voltmeter ค่าแรงดันที่วัด ตรงจุด A-B	L.F.On'scope ค่าสัญญาณที่วัดได้ด้วยสโคป
uV	V	(มีอดดูเลชั่น 80 %) mV
10	0.2	65
18	0.5	-
20	0.8	1,000
50	1.0	1,500
70	1.5	-
หยุดส่ง	0.1	15 (สัญญาณรบกวน)

ตารางที่ 9 แสดงค่าที่วัดได้ด้วยสโคปและมิเตอร์ในการทดสอบและปรับแต่งภาครับด้วยเครื่องซิกแนลเยนเนอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5442A/7442A BCD-to-Decimal Decoder (4-Line to 10-Line)

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.											SN54LS42	J①			W①	SN5442A	J①			W①	SN54L42	J①			
											SN74LS42	J①	N①			SN7442A	J①	N①			SN74L42	J①	N①		
FAIRCHILD											FJH5352/FJH9352	D①			F①	FJH5442/FJH9352	D①			F①					
											FCH5352/FCH9352	D①	P①		F①	FC7442/FC9352	D①	P①		F①					
MOTOROLA																MC5442	L①								
											SN74LS42		P①			MC7442	L①	P①							
N.S.C.											DM54LS42		①			DM5442	J①			W①	DM54L42A	J①	N①		F①
											DM74LS42		①			DM7442	J①	N①			DM74L42A	J①	N①		F①
PHILIPS																									
											N74LS42		①			FJH281/7442		①							
SIGNETICS																S5442	F①	B①		W①					
											N74LS42		A①			N7442		B①							
SIEMENS																									
																FLH281		①							
FUJITSU											74LS42		M①			MB8442	①	M①							
HITACHI																									
											HD74LS42		P①			HD7442A/HD2536	①	P①							
MITSUBISHI																									
											M74LS42		P①			M53242/M5382		P①							
NEC																									
											74LS42		C①			μPB227	D①								
TOSHIBA																									
																TD3442A		P①							

Electrical Characteristics SN54LS42A/SN74LS42A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

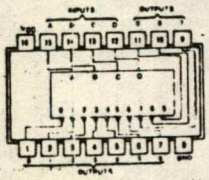
	SN54LS42A			SN74LS42A			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characterics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER	TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OH} = −400μA		2.7	3.5		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OL} = 4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	SN54LS	−20		−100	mA
			SN74LS	−20		−100	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX See Note	SN54LS		7	13	mA
			SN74LS		7	13	
t_{PHL}	From A, B, C, or D through 2 levels of logic	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ			15	25	ns
t_{PHL}	From A, B, C, and D through 3 levels of logic				20	30	ns
t_{PLH}	From A, B, C, or D through 2 levels of logic				15	25	ns
t_{PLH}	From A, B, C, and D through 3 levels of logic				20	30	ns

Pin Assignment (Top View)

①



positive logic: see function table

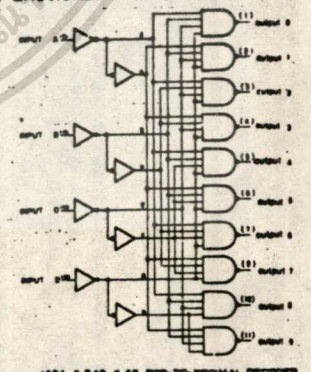
Function Table

'42A, 'LS42, 'L42

No.	BCD INPUT D	C	B	A	DECIMAL OUTPUT 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
2	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
3	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
4	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
5	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
6	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
7	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
8	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
9	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
UNUSED	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = high level, L = low level

Functional Block Diagram



'42A, 'LS42, 'L42 BCD-TO-DECIMAL DECODER

NOTE: I_{CC} is measured with all outputs open and all inputs grounded.

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate values specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
*Not more than output should be shorted at a time.
■ t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5490/7490 Decade Counter

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.											SN54L90	J①			W①	SN5490A	J①			W①	SN54L90A	J①	N①	T①	
											SN74L90	J①	N①			SN7490A	J①	N①			SN74L90A	J①	N①	T①	
FAIRCHILD											FSL390 FSRL390	D①			F①	FM5490 FM9390	D①			F①					
											FCL390 FCRL390	D①	P①		F①	FC7490 FC9390	D①	P①							
MOTOROLA																MC5490	L①			F①					
											SN74LS90		P①			MC7490	L①	P①		F①					
N. S. C.											DM54LS90		①			DM5490	J①	N①		W①	DM54L90	J①	N①		F①
											DM74LS90		①			DM7490	J①	N①			DM74L90	J①	N①		F①
PHILIPS																FJJ161 7490		①							
											N74LS90		①			S5490	F①	A①		W①					
SIGNETICS											N74LS90		A①			N7490	F①	A①							
SIEMENS																FLJ161		①							
FUJITSU																									
HITACHI											HD74LS90		P①			HD7490A/HD2519	①	P①							
MITSUBISHI											M74LS90		P①			M53290		P①							
NEC																μPB219	D①	C①							
TOSHIBA																TD3490A		P①							

Electrical Characteristics SN54LS/SN74LS90A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to	125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to	70°C
Interemitter voltage (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range		−65°C to	150°C

recommended operating conditions

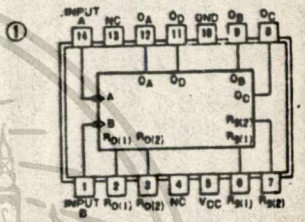
		SN54LS90A MIN	NOM	MAX	SN74LS90A MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}				−400			−800	μA
Low-level output current, I_{OL}				4			8	mA
Count frequency, f_{count}	A input	0		32	0		32	MHz
	B input	0		16	0		16	
Pulse width, t_w	A input	15			15			ns
	B input	30			30			
	Reset inputs	15			15			
Reset inactive-state setup, t_{setup}		25			25			ns
Operating free-air temperature, T_A		−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER ‖		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OH} = −400μA		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OL} = 8mA			0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	Any reset	V_{CC} = MAX, V_I = 7V			0.1	mA
		A input	V_{CC} = MAX, V_I = 5.5V			0.2	
		B input				0.4	
I_{IH}	High-level input current	Any reset	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V			20	μA
		A input				40	
		B input				80	
I_{IL}	Low-level input current	Any reset	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V			−0.4	mA
		A input				−2.4	
		B input				3.2	
I_{OS}	Short-circuit output current ◆		V_{CC} = MAX, SN54'LS	−20		−100	mA
			SN74'LS	−20		−100	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, See Note 2			9	15	mA

f_{max}	from A to output Q_A	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ	32	42		MHz
	from B to output Q_D		16			
t_{PLH}	from A to output Q_A			10	16	ns
t_{PHL}				12	18	
t_{PLH}	from A to output Q_D			32	48	ns
t_{PHL}				34	50	
t_{PLH}	from B to output Q_B			10	16	ns
t_{PHL}				14	21	
t_{PLH}	from B to output Q_C			21	32	ns
t_{PHL}				23	35	
t_{PLH}	from B to output Q_D			21	32	ns
t_{PHL}				23	35	
t_{PHL}	from Set-to-0 to Any output			26	40	ns
t_{PLH}	from Set-to-9 to output Q_A, Q_D			20	30	ns
t_{PHL}	from Set-to-9 to output Q_B, Q_C			26	40	

Pin Assignment (Top View)



NC—No internal connection

Function Table

BCD COUNT SEQUENCE '90A, 'LS90, 'L90 (See Note 3)

COUNT	OUTPUT Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

BI-QUINARY (5-2) '90A, 'LS90, 'L90 (See Note 3)

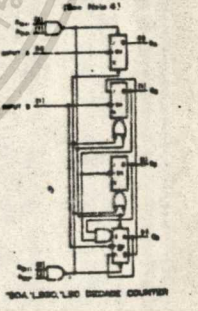
COUNT	OUTPUT Q_A	Q_D	Q_C	Q_B
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

RESET/COUNT '90A, 'LS90, 'L90 (See Note 3)

RESET INPUTS $R_{0(1)}$	$R_{0(2)}$	$R_{9(1)}$	$R_{9(2)}$	OUTPUT QD	QC	QB	QA
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

Functional Block Diagram

(See Note 4)



NOTES:
1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this circuit, this rating applies between the two R_0 inputs, and it also applies between the two R_9 inputs.
2. I_{CC} is measured with all outputs open, both R_9 inputs grounded following momentary connection to 4.5 V, and all other inputs grounded.
3. Output Q_A is connected to input B for BCD count.
   Output Q_D is connected to input A for bi-quinary count.
   H = high level, L = low level, X = irrelevant.
4. The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
◆ Not more than one output should be shorted at a time.
§ Q_A outputs are tested at I_{OL} = 16mA plus the limit value for I_{IL} for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.
‖ f_{max} = maximum count frequency.
t_{PLH} = propagation delay time, low to high-level output
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54145/74145 BCD-to-Decimal Decoder/Driver with Open-Collector Output (15V Output)

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.											SN54LS145	J			W	SN54145	J			W					
FAIRCHILD											SN74LS145	J	N			SN74145	J	N							
MOTOROLA																FM54145/FM93145	D								
N.S.C.																FC74145/FC93145	D	P							
PHILIPS											N74LS145			J		MC54145	L								
SIGNETICS																MC74145	L	P							
SIEMENS											N74LS145			A		DM54145	J			W					
FUJITSU																DM74145	J	N		W					
HITACHI											74LS145			M		N74145			J						
MITSUBISHI																S54145	F			W					
NEC											M74LS145			P		N74145			B						
TOSHIBA																FLL111T			J						
																MB443		J	M						
																HD74145/HD2555		P							
																M53345			P						

Electrical Characteristics SN54LS145/SN74LS145

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54145 MIN	NOM	MAX	SN74145 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
Off-state output voltage			15			15	V
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER	TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
$V_{O(on)}$	On-state output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V	$I_{O(on)}$=80mA		2.3	5	V
			$I_{O(on)}$=24mA		0.35	0.5	
$V_{O(off)}$	Off-state output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, $I_{O(off)}$=250μA		15			V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.4V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−0.4	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX, See Note	SN54LS145		7	13	mA
			SN74LS145		7	13	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, C_L=45pF,	T_A=25°C, R_L=665Ω			60	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output					50	ns

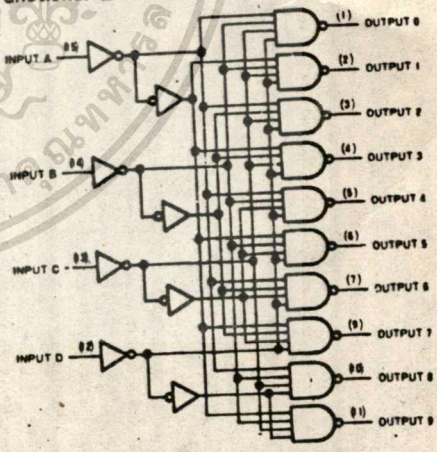
FUNCTION TABLE

145

NO.	INPUTS D	C	B	A	OUTPUTS 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
2	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
3	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
4	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
5	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
6	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
7	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
8	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
9	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
INVALID	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

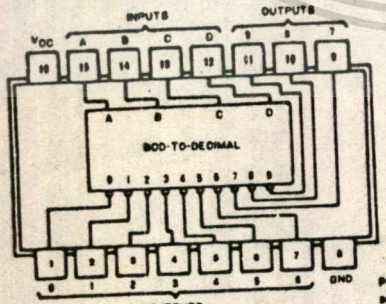
H = high level (off), L = low level (on)

Functional Block Diagram



'145 BCD-TO-DECIMAL DECODER/DRIVER

Pin Assignment (Top View)



positive logic : see function table

NOTE: I_{CC} is measured with all inputs grounded and outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54121/74121 Monostable Multivibrator with Schmitt-Trigger Input

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Dexice Type	Package C	P	M	CF
T.I.																SN54121	J①			W①	SN54L121	J①	N①	T①	
FAIRCHILD																SN74121	J①	N①			SN74L121	J①	N①	T①	
MOTOROLA																FM54121/FM9603	D①			F①					
N.S.C.																FC74121/FC9603	D①	P①							
PHILIPS																MC54121	L①			F①					
SIGNETICS																MC74121	L①	P①		F①					
SIEMENS																DM54121	J①	N①		W①					
FUJITSU																DM74121	J①	N①							
HITACHI																FJK101/74121		①							
MITSUBISHI																S54121	F①	A①		W①					
NEC																N74121	F①	A①		W①					
TOSHIBA																FLK101		①							
																HD74121/HD2543	①	P①							
																M53321		P①							
																TD34121A		P①							

Electrical Characteristics SN54S121 SN74S121

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54S	-55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74S	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

recomended operating conditions

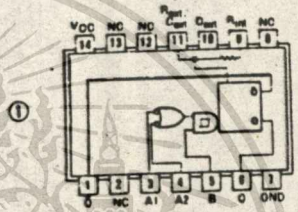
		SN54S121 MIN	NOM	MAX	SN74S121 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}							-800	mA
Low-level output current, I_{OL}							16	mA
Rate of rise or fall of input pulse, dv/dt	Schmitt input, B	1			1			V/s
	Logic input, A1, A2	1			1			
Input pulse width, t_w		50			50			ns
External timing capacitance, C_{ext}		14		30	14		80	pF
		0		1000	0		1000	μF
External timing resistance, R_T		1.4		40	1.4		40	kΩ
Duty cycle	at 2%			50			50	%
	at MAX P_{out}			50			50	
Operating free-air temperature, T_A		55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER	TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{T+}	Positive-going threshold voltage	V_{CC} = MIN	A input		1.4	2	V
V_{T-}	Negative-going threshold voltage	V_{CC} = MIN	A input	0.8	1.4		V
V_{T+}	Positive-going threshold voltage	V_{CC} = MIN	B input		1.55	2	V
V_{T-}	Negative-going threshold voltage	V_{CC} = MIN	B input	0.8	1.35		V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −12mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN,	I_{OH} = MAX	2.4	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN,	I_{OL} = MAX		0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 5.5 V			1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.4V	A1 or A2			40	μA
	High-level input current		B			80	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V	A1 or A2			−1.6	mA
			B			−3.2	
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	54 Family	−20		−55	mA
			74 Family	−18		−55	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX	Quiescent		13	25	mA
			Triggered		23	40	
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level Q output from either A input	V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 400Ω	C_T = 80 pF, Rint to V_{CC}		45	70	ns
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level Q output from B input				35	55	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level Q output from either A input				50	80	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level Q output from B input				40	65	ns
t_w(out)	Pulse width obtained using internal timing resistor	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 400Ω	C_T = 80pF, Rint to V_{CC}	70	110	150	ns
t_w(out)	Pulse width obtained with zero timing capacitance		C_T = 0, Rint to V_{CC}		30	50	ns
t_w(out)	Pulse width obtained using external timing resistor		C_T = 100pF, R_T = 10kΩ	600	700	800	ns
			C_T = 1μF, R_T = 10kΩ	6	7	8	ms

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C
*Not more than one output should be shorted at a time.

Pin Assignment (Top view)



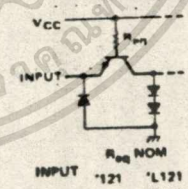
NC-No internal connection
'121···R_{int} = 2 kΩ NOM
'L121···R_{int} = 4 kΩ NOM

Function Table

'121, 'L121 (See Note)

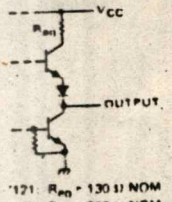
INPUTS A1	A2	B	OUTPUTS Q	Q̄
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⎍	⎍
↓	H	H	⎍	⎍
↓	↓	H	⎍	⎍
L	X	↑	⎍	⎍
X	L	↑	⎍	⎍

schematics of inputs and outputs



INPUT	'121	'L121
A1	4 kΩ	8 kΩ
A2	4 kΩ	8 kΩ
B	2 kΩ	4 kΩ

EQUIVALENT OF EACH INPUT



'121 R_{int} = 130 Ω NOM
'L121 R_{int} = 260 Ω NOM

TYPICAL OF BOTH OUTPUTS

NOTES: A. H = high level (steady state), L = low level (steady state), ↑ = transition from low to high level, ↓ = transition from high to low level, ⎍ = one high-level pulse, ⎍ = one low-level pulse, X = irrelevant (any input, including transitions)
B. To use the internal timing resistor connect R_{int} to V_{CC}.
C. An external timing capacitor may be connected between C_{ext} (positive) and R_{ext}/C_{ext}.
D. For accurate repeatable pulse widths, connect an external resistor between R_{ext}/C_{ext} and V_{CC} with R_{int} open-circuited.
E. To obtain variable pulse widths, connect external values resistance between R_{int} or R_{ext}/C_{ext} and V_{CC}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์, "เครื่องรับส่ง", เล่ม 2 หน้า 41-58, เล่ม 4 หน้า 96-85, เล่ม 5 หน้า 25-41

2. นกแก้ว, "เครื่องบินเล็กบังคับด้วยวิทยุ", วารสารอาร์ซีไทยแลนด์ เล่ม 1 หน้า 12-41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง วิทยุบังคับระยะไกล 6 แชนเนล ขอขอบพระคุณผู้ที่ช่วยให้ปริญญานิพนธ์เสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์ ดังต่อไปนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย สุรวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2. อาจารย์ ปราการ ผาติสุนทร และ อาจารย์ วิชัย ทาศิริ ศูนย์ฝึกวิชาชีพชอนแก่น ได้ให้ความอนุเคราะห์กลึงโลหะซึ่งเป็นส่วนประกอบของแชนหุ่นยนต์

3. อาจารย์ ทวีศักดิ์ สารสุวรรณ , อาจารย์ โกวิทย์ คงวีระวัฒน์ และนางสาววรัตนา ศิลปสิทธิ์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านการพิมพ์เอกสาร

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้