



อาจารย์ ธานี ศรีสุวรรณวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่เป็นการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
18 ก.ค. 2534

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2534

เรื่อง เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

ผู้จัดทำ

วิโรจน์ พงษ์จตุรา



เลขหมั T. 33124 ลจ  
เลขทะเบียน 029957  
วัน, เดือน, ปี 18ก.ค. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027957

## FLOW MEASUREMENT

MR. VIROJ PONGJATURA

ADVISOR THANIT TRISUWANAWAT

### ABSTRACT

THESIS OF FLOW MEASUREMENT CAN BE WORK DEVIDE UP THREE SECTION.

1. - SENSOR SECTION
2. - TRANSFORM SIGNAL SECTION
3. - COUNTER AND DISPLAY SECTION

THE FLOW PASSING BY THE FLOSENSOR PADDLEWHEEL ROTATES THE PADDLEWHEEL MOVING THE MAGNETS PAST A COIL IN THE TRANSDUCER BODY AN AC VOLTAGE IS INDUCED IN THE COIL BY THE ROTATING MAGNETS OF THE PADDLEWHEEL. AND PASSING TO TRANSFORM SIGNAL SECTION IT CHANGE FROM FREQUENCY TO CURRENT BY RANG OF OUTPUT IS BETWEEN 4-20 MILLIAMP OR 0-100 PERCENT AND ANOTHER ONE FREQUENCY SIGNAL PASSING TO COUNTER AND DISPLAY SECTION BY 7-SEGMENT DISPLAY AS MEASUREMENT TOTAL FLOW.

## เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ

วิโรจน์ พงษ์จตุรา

อาจารย์ ธานีย์ ตรีสุวรรณวัฒน์

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ แบ่งการทำงานออกได้ เป็น สามส่วน ดังนี้ :-

1. ภาคตรวจสอบ
2. ภาคเปลี่ยนสัญญาณความถี่
3. ภาควงจรนับและภาคแสดงผล

เมื่อมีแรงดันไหลผ่านใบพัดของ เซนเซอร์ทำให้ขั้วแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ขดลวดมีกระแสไฟสลับเกิดขึ้นในรูปของความถี่ และผ่านคอปป์ไปยังวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากความถี่ให้อยู่ในรูปของกระแสเป็น เอาท์พุท 4 - 20 มิลลิแอมป์ หรือ 0 - 100 เปอร์เซ็นต์ และความถี่อีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังวงจรรับและภาคแสดงผล ซึ่งเป็นจะเป็นส่วนของการวัดผลรวมของอัตราการไหล

## คำนำ

เครื่องมือวัดเป็นส่วนแรกของ งานด้านระบบควบคุม ที่ผู้ศึกษา หรือปฏิบัติงาน ด้านนี้จะต้องศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐาน ในปัจจุบัน วิทยาการทางวิทยาศาสตร์ หลาย ๆ แขนง ได้รับการประยุกต์ เพื่อใช้เป็นหลักการวัด เช่นหลักการทางแม่เหล็กไฟฟ้า อุลตราโซนิค การแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพ ฯลฯ จากที่ได้ปฏิบัติงานด้านระบบ ควบคุม ผู้จัดทำเห็นว่าในเมืองไทยเรา ควรจะทำอุปกรณ์ เครื่องมือวัดขึ้นใช้เอง ได้โดยไม่ต้องใช้ของจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพงมาก โดยผู้จัดทำ ได้อาศัยแนวทาง เอกสารจากต่างประเทศ และได้นำมาปรับปรุงแก้ไข ให้มีคุณภาพ ให้ดีขึ้น ซึ่งก็ไม่แพ้กับของต่างประเทศเลยทีเดียว ค่าเอาท์พุทจะแสดงอยู่ในรูป ของ ดิจิตอล สะดวกต่อการอ่าน

ปฏิญาณพนธ์ เรื่องนี้ว่ามีประโยชน์ และสามารถใช้งานได้อย่างกว้าง ขวาง คณะผู้จัดทำ จึงหวังว่าน่าที่จะมีการพัฒนา หรือประยุกต์ใช้งานต่อไป ในอนาคต อันใกล้นี้.

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

บท	หน้า
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎี	2
3. หลักการทางาน	
-ไอซีเรกกูเลเตอร์	6
-แผนระบายนความรอน	7
-วงจร เรกกูเลเตอร์	9
-เซ็นเซอร์	12
-การคืดตั้ง เซ็นเซอร์	13
-จีพีเอสเตอร์	15
-วงจรมัลติคริปเบิล	19
-วงจรมัลติควาย IN	22
-วงจรมัลติเคินหนา-ถอยหลัง	24
-วงจรมัลติอินวางเวอน	25
-วงจรมัลติอินคิงโครนัส	26
-วงจรมัลติกรุปคิ่นแบบ ไคโอด	27
-วงจรมัลติกรุปคิ่นแบบขนาด ไคโอด ที่ถูกไบอัส	30
-วงจรมัลติขายนความกวางของพลซ	32
-วงจรมัลติโมโนสเตเบิล	35
-วงจรมัลติอะสเตเบิล	36
4. สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง	41
5. ภาคผนวก	50
6. เอกสารอ้างอิง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

เครื่องวัด อัตราการไหลของน้ำ เป็นตัวแปรที่สำคัญ ในระบบควบคุม เพราะตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุม จะถูกควบคุมโดยปริมาณ ของการไหลทั้งสิ้น โดยส่งผลไปที่ วาล์วควบคุม วิธีการและเครื่องมือวัดการไหล มีหลายชนิด แต่ละวิธีก็มีหลักการที่แตกต่างกันออกไป ในอุตสาหกรรมมีปัจจุบัน จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือวัด อัตราการไหลของน้ำ เช่น ปีโตรเคมี โรงงานพลาสติก เป็นต้น โดยส่วนใหญ่แล้ว มิใช่เป็นการหาค่า การไหลโดยตรง แต่จะวัด หากความเร็ว ของการไหลแล้วคำนวณ ออกมาเป็นอัตราการไหล เช่น วิธีการวัด แบบใช้หลักการของแม่เหล็ก แบบโซลิตราโซนิกส์ แบบโรตารีเตอร์ เป็นต้น จะเห็นว่าวิธีการหลายแขนง สามารถประยุกต์เข้ามา วัดการไหล ได้ ซึ่งก็มี ข้อดี และข้อเสีย แตกต่างกันไป ตามคุณสมบัติ ของเครื่องมือวัดนั้น นั้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หลักการทํางานของวงจร

เมื่อมีแรงดันของน้ำไหลผ่านที่ใบพัดของ FLOW SENSOR จะทำให้เกิดความถี่ที่เอาท์พุทตามความแรงของแรงดันของน้ำ ซึ่งจากคุณสมบัติของ FLOW SENSOR จะให้ หลักการของข้าวแม่เหล็กหมุนตัดผ่านขดลวดที่ฝังตัวอยู่ในตัว SENSOR ข้าวแม่เหล็กจะฝังตัวอยู่ในใบพัด เมื่อมีแรงดันของน้ำไหลมากกระทบกับใบพัดของ FLOW SENSOR จะทำให้อุปกรณ์หมุนตัดกับขดลวดทำให้มีสัญญาณที่เอาท์พุทขึ้นและส่งผ่านยังภาคอินพุท คือ MODEL ASSY MO 177 (Z1) ภาคอินพุทนี้จะเปลี่ยนสัญญาณ SINE WAVE เป็นสัญญาณ SQUARE โดยใช้หลักการของวงจร คลิปเปอร์ (CLIPPER CIRCUIT) เอาท์พุทนี้ส่งผ่านยังวงจรขยาย U1 ซึ่งต่อแบบวงจร INVERTING AMP มีอัตราขยาย 10 เท่าและส่งผ่านทางขา 2 ของ IC U3 ซึ่งต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล (MONOSTABLE) เพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้ U3 ทํางาน (TRIGGER) ทำให้มีพัลส์เอาท์พุท (PLUS OUTPUT) เกิดขึ้นตามที่มีสัญญาณ TRG ที่ INPUT เอาท์พุทนี้สามารถปรับความกว้างของ PLUSE โดยขึ้นอยู่กับ R2 และ C4 ในวงจรนี้จะให้ปรับค่าที่ R2 เอาท์พุทที่ได้จะปรับค่าทางขา 3 ส่งให้วงจร BUFFER ของ U2 ซึ่งใช้ IC # 4050 OUTPUT ที่ขา 10 ของ U2 จะเป็น PLUSE OUTPUT เป็นส่วนที่ใช้ต่อกออกไปใช้งานในส่วนต่อไป ส่วน OUTPUT ขา 4 ของ U2 จะส่งผ่านไปยังวงจร ดีไวเดอร์ ส่งสัญญาณให้ที่ Q1 (MPS 6531) วงจรส่วนนี้เป็นส่วนที่เปลี่ยนสัญญาณทางความถี่ เป็นสัญญาณทางกระแส (F/A) ในลักษณะของ CLOSE - LOOP โดยการ CHARGING ของ Cg (CAPACITOR) ซึ่งการ CHARG นี้จะแปรผันโดยตรงกับความถี่ (FREQUENCY) ส่งต่อไปยัง U1 กับ Q1 ซึ่งเป็นวงจรขยายทางกระแสทำให้ได้เอาท์พุท ประมาณ 4 ~ 20 MA เพื่อจะส่งต่อไปยังภาค CONTROL ต่อไป R1 จะเป็นตัวปรับ RANG ของการวัด เช่น 0 ~ 200 GPM ส่วน Rg จะเป็นปรับค่า OFFSET หรือค่าที่ 0 %

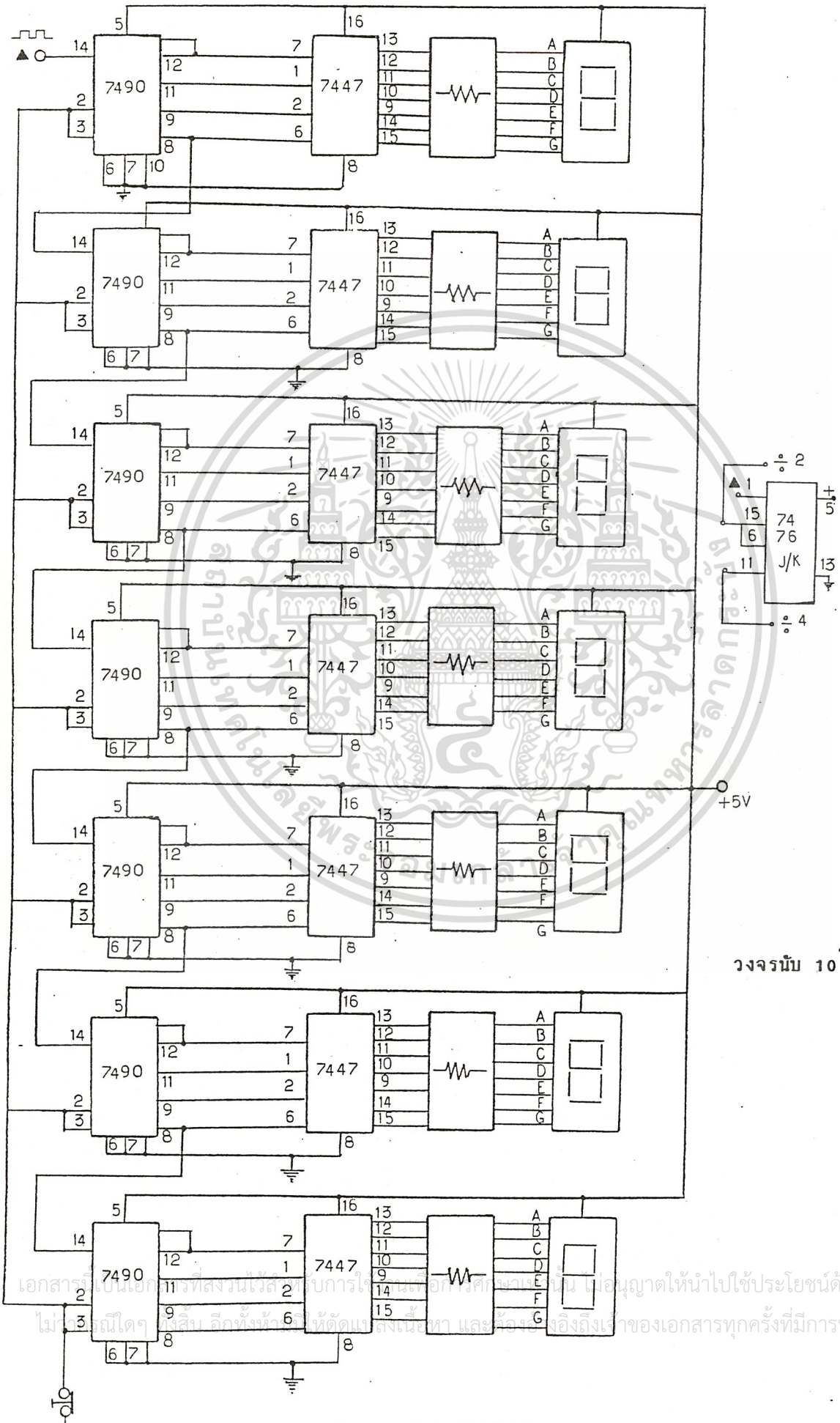
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรมัลติไมเตอร์ 7490 เป็นตัวรับสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นวงจรมัลติไมเตอร์ และให้เอาหัววัด ออกมาเป็น บั๊ตติ คาทอง ๆ 10คา ขาเอาหัววัดได้แก่ขา 12,9,8 และ 11 คือ เอ,บี,ซี และ ดี หรือรหัส บั๊ตติ 1,2,4 และ 8 ตามลำดับ ขาเอาหัววัดนี้ จะต่อเข้ากับ วงจรถอดรหัส และแสดงผล ออกมาเป็นตัวเลข ไอซี 7447 จะทำหน้าที่ถอดรหัส จาก บั๊ตติ เพื่อให้แสดงผลออกมาเป็นตัวเลข 0-9 ทาง แอลอีซี แบบ 7-เซกเมนต์ เมื่อหลักแรก ของวงจรมัลติไมเตอร์ (ทั้งหมด 7 หลัก) ถึง 9 ทำให้ขา 11 ของ ไอซี 7490 มีค่าเป็น "1" ซึ่งถูกต่อเข้ากับขา 14 ของ ไอซี 7490 หลักที่ 2 เป็นตัวรับสัญญาณ นาฬิกาต่อไป และก็จะทำการนับต่อไป เมื่อขา 11 ของหลักแรก เป็น "1" และจะทำการนับอนุกรม แบบนี้ ไปตลอดทั้งหมด 7 หลัก และขา 2 กับขา 3 ถูกคอลลกกราวล เพื่อเป็นตัว รีเซ็ต การนับให้เป็น ศูนย์ ทั้งหมด คือเรืบนับนับใหม่ตนเอง.

การ CALIBRATION ของเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (FLOW MEASUREMENT) ใช้ตารางในหน้า 48 และ 49 มีตั้งแต่ ขนาดของท่อ 2.5 นิ้ว ถึง 12 นิ้ว โดยใช้สัญญาณ SINE WAVE เป็นตัว CALIBRATION ป้อนที่ อินพุท และใช้ตาราง "J" เป็นตัว ป้อนความถี่ที่ FULL SCALE

ตัวอย่างเช่น ต้องการ CALIBRATE ที่ขนาดของท่อ 5 นิ้ว เราอ่าน ตาราง "J" ได้ 112.6 เฮิต นั้นหมายความว่าเราต้องป้อน สัญญาณ SINE WAVE เท่ากับ 112.6 เฮิต เป็นค่าที่ FULL SCALE หรือ 100% และ เอาหัววัด จะต้องได้ 20 มิลลิแอมป์ ถ้าไม่ได้จะต้องปรับที่ปุ่ม SPAN และที่ 0% คือความถี่ ศูนย์ เฮิต หรือไม่มี อินพุท จะต้องอ่านค่าได้ 4 มิลลิแอมป์ ถ้าไม่ได้จะต้องปรับที่ปุ่ม ZERO ทำอย่างนี้ไปจนกว่าจะได้อยู่ใน 4-20 มิลลิแอมป์ เป็นการจบการ





วงจรมับ 10<sup>7</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสาร และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และข้อมูลซึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้ ไอซี เรกกูเลเตอร์

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงคือ การออกแบบส่วนของ เรกกูเลเตอร์ซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยากและต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง ทั้งของโหลดและของตัวแหล่งจ่ายไฟเอง เช่น ระบบจ่ายฯ ไฟกินกระแสเท่าไร โหลดทนต่อ ripple voltage ได้แค่ไหน ช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่โหลดและวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟจะยอมรับได้โดยไม่เกิดความเสียหายนั้นเป็นเท่าไร องค์ประกอบเหล่านี้จะถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์ ในปัจจุบัน สามารถลดทอนความยุ่งยากของการออกแบบวงจรลงได้ โดยการใช้ไอซี เรกกูเลเตอร์จะมีวงจร error amplifier ที่จะทำการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟที่แหล่งจ่ายไฟออกมาว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ วงจรนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ น้อยมากจะทำหน้าที่ขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ซึ่งส่วนมากเป็นแบบ darling pair และยังมี short-circuit protection, thermal shutdown (ตัดการทำงานของไอซีในกรณีที่อุณหภูมิสูงมาก) series pass transistor รวมอยู่ในตัว ไอซี เรกกูเลเตอร์ทำให้สามารถนำไอซีเรกกูเลเตอร์มาใช้งานในวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มน้อยมาก จึงลดความซับซ้อนและขนาดของวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าลงไปได้มาก

วงจรภายในของไอซีเรกกูเลเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 1 เป็นไอซีตระกูล 78 xx ซึ่งผู้ใช้อสามารถเลือกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการได้โดยดูจากตัวเลขสองตัวหลัง เช่น ไอซีเบอร์ 7809 จะให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตออกมาเป็น 9 โวลต์ เป็นต้น การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของไอซีทำโดยวงจรที่เรียกว่า error amplifier เปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันอ้างอิงภายในถ้าแตกต่างกันจะมีผลให้ error amplifier ส่งสัญญาณไปควบคุมขาเบสของ series pass transistor เพื่อปรับแรงดันให้กลับคืนสู่ภาวะปกติ การใช้งานไอซีตัวนี้ก็เพียงแต่ต่อแรงดันเข้าที่ขาอินพุต ส่วนผ่านคอนเดนเซอร์ขนาด  $0.33 \mu\text{F}$  ส่วนขาเอาต์พุตนั้นจะต่อคอนเดนเซอร์ขนาด  $0.1 \mu\text{F}$  คร่อมกราวด์เอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไอซีเรกกูเลเตอร์ประเภทหนึ่งจะมีขนาดความถี่เพิ่มขึ้นมา เป็นไอซีเรกกูเลเตอร์แบบ 4 ขา ซึ่งจะใช้ในงานที่แหล่งจ่ายพลังงานอยู่ไกลจากจุดที่นำแรงดันเอาต์พุตออกมา ไอซีเรกกูเลเตอร์ประเภทนี้จะลดผลจากความต้านทานในสายส่งกำลังหรือขดลวด หากต้องการเพิ่มการจ่ายกระแสก็ทำได้โดยเพิ่มทรานซิสเตอร์กับตัวต้านทานขนาด 3 โอห์ม เข้าไปในวงจร (ดังรูปที่ 2) แต่การเพิ่มกระแสด้วยวิธีนี้จะมีข้อเสียที่การต่อวงจรลักษณะนี้จะเท่ากับเป็นการเลือกใช้งานวงจรป้องกันการลัดวงจร

### แผนระบายความร้อน

ถึงแม้การนำไอซีเรกกูเลเตอร์มาใช้ในงานจะสะดวกต่อการต่อวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าประเภทอื่น แต่ตัวไอซีเรกกูเลเตอร์ เองก็มีข้อจำกัดที่จะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษอันได้แก่ ระบบระบายความร้อนให้กับตัวไอซี เนื่องจากในการทำงานไอซีเรกกูเลเตอร์จะมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปของความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาสูงสุดกำหนดค่าด้วยค่า  $P_D$  (max) จึงต้องป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของไอซีสูง เกินกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดที่รอยต่อเซมิคอนดักเตอร์ที่ยังไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นในไอซี โดยกำหนดเป็นค่า  $T_j$  (max) ซึ่งดูได้จากคู่มือการใช้งานไอซี

หากการใช้งานอยู่ในบริเวณที่อุณหภูมิค่าก็อาจไม่จำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อน แต่เพื่อความมั่นใจควรคำนวณค่า  $\text{junction temperature}$  ของไอซีในการทำงานนั้นมีความเกินกว่าที่กำหนดไว้ในคู่มือไอซีหรือไม่ตามสมการดังต่อไปนี้

$$T_j = \theta_{JA} P_D + T_A \dots (1)$$

เมื่อ  $T_j$  = junction temperature ( C )

$\theta_{JA}$  = junction - to - ambient thermal resistor

$P_D$  = power dissipation (Watt)

$T_A$  = ambient temperature ( C )

ค่า  $\theta_{JA}$ ,  $T_A$  ดูได้จากคู่มือไอซี ส่วนค่า  $P_D$  คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_D = I_{out} (V_{in} - V_{out}) + V_{in} I_Q \dots (2)$$

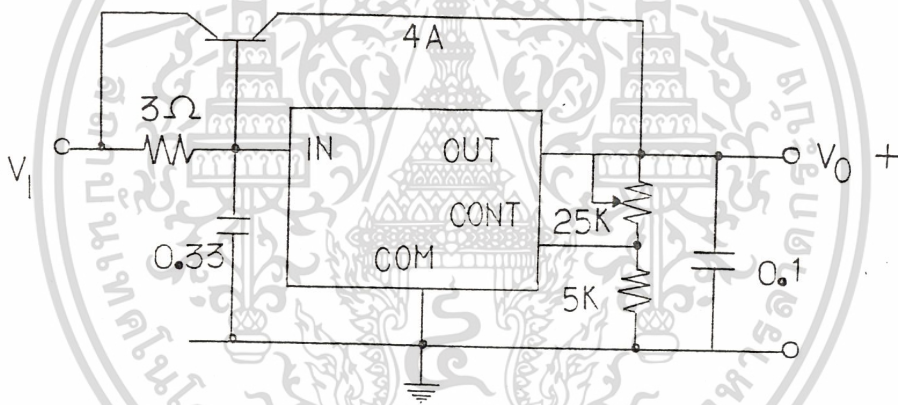
เมื่อ  $V_{in}$  = input voltage

$V_{out}$  = output voltage

$I_{out}$  = output current

$I_Q$  = quiescent current

รูป แสดง การต่อไอซีเรกกูเลเตอร์แบบ 4 ขา ร่วมกับทรานซิสเตอร์และตัวต้านทานขนาด 3 โอห์มเพื่อเพิ่มการจ่ายกระแส



หากค่า  $T_j$  ที่คำนวณได้สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในคู่มือไอซีแล้ว ต้องติดตั้งแผ่นระบายความร้อนที่ติดตั้งแล้วควรให้ค่า  $T_j$  ต่ำกว่าค่า  $T_j(max)$  ประมาณ 25 °C นอกจากนี้วิธีนี้แล้วอาจดูจากค่า  $P_D$  ตามสมการต่อไปนี้

$$P_D = (T_j - T_A) / \theta_{JA} \dots (3)$$

เมื่อ  $P_D$  = power dissipation (Watt)

$T_j$  = junction Temperature (C)

$T_A$  = ambient Temperature (C)

$\theta_{JA}$  = junction - to - ambient thermal resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ถ้าหากค่า  $P_D$  ที่คำนวณได้จากสมการ (3) มีค่าน้อยกว่าที่คำนวณจากสมการ (2) แสดงว่าจำเป็นต้องติดตั้งแผนระบายความร้อนให้กับตัวไอซี ส่วนการที่จะหาว่าต้องใช้แผนระบายความร้อนขนาดที่เท่าใดนั้น ทำได้ดังนี้ในกฎค่า  $\phi_{JC}$  จากคู่มือของแผนระบายความร้อนจากนั้นทำการคำนวณตามสมการต่อไป

$$\phi = \phi_{JC} + \phi_{CS} + \phi_{SA} \dots (4)$$

ถ้าค่า  $\phi$  ที่คำนวณได้แทนลงในค่า  $\phi_{JA}$  ในสมการที่ (1) หากได้ค่า  $T_j$  น้อยกว่า  $T_j (\max)$  ก็ถือว่าใช้แผนระบายความร้อนขนาดนั้นได้

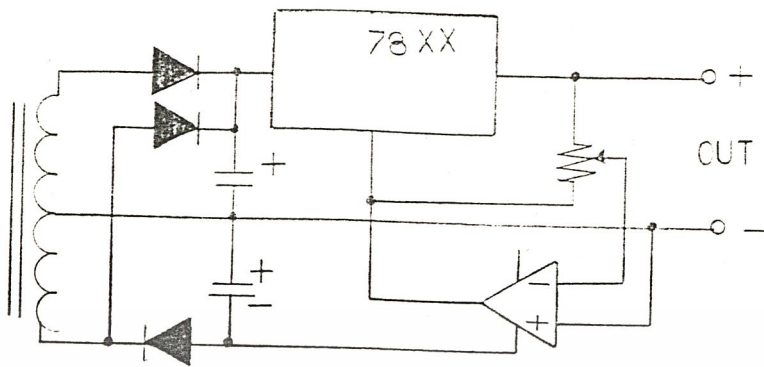
แหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์

การนำไอซีเร็กกูเลเตอร์มาใช้ในแหล่งจ่ายไฟตรงนั้น สามารถออกแบบได้หลายอย่างขึ้นกับว่าต้องการใช้งานลักษณะไหน

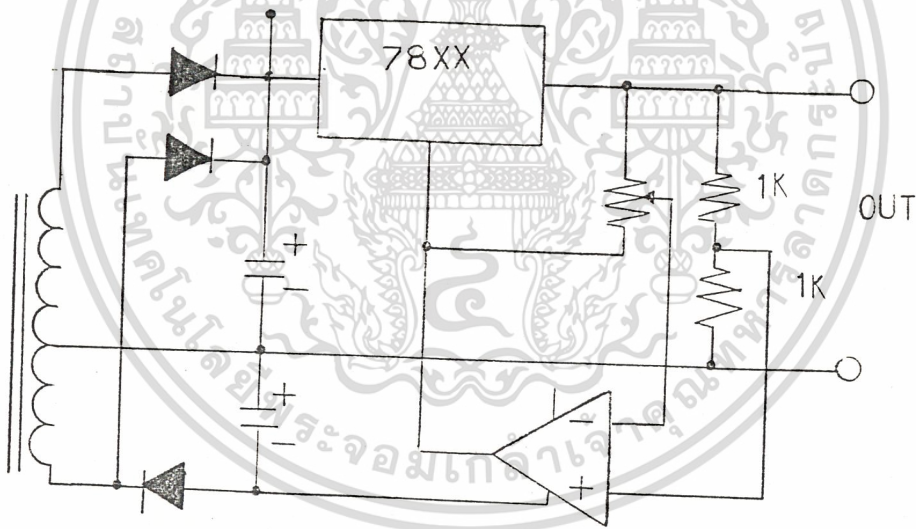
วงจรในรูปที่ 4 จะเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ตระกูล 78xx ที่ให้เอาท์พุทโวลเตจตั้งแต่ 0 โวลต์จนถึงค่าที่ต้องการ วงจรนี้จะง่ายที่สุดและมีราคาถูกที่สุด แต่พลังงานออกที่ไอซีจะมีค่าจำกัดเนื่องจากต้องป้อนเอาท์พุทโวลเตจที่แน่นอนค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้นซึ่งไม่มีผลต่อการปรับค่าเอาท์พุทโวลเตจ ถ้าหากตัวไอซีเร็กกูเลเตอร์ร้อนขึ้นแรงดันไฟฟ้า ที่จ่ายออกมาจะตกลงทำให้กระแสที่จ่ายไฟไหลตกกลาง ค่ายิ่งขึ้นจึงต้องกำหนดค่าเอาท์พุทโวลเตจต่ำสุดไว้ตรงจุดที่ทำให้ไอซีกระแสต่ำสุดที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับโหลด

วงจรแหล่งจ่ายไฟในรูปที่ 5 เป็นวงจรที่ปรับปรุงจากวงจรในรูปที่ 4 โดยยังใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ตระกูล 78xx จะให้ค่าเอาท์พุทโวลเตจสูงเป็น 2 เท่าของวงจรในรูปที่ 4 การปรับอัตราส่วนของ voltage divider ทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดตามต้องการได้โดยขึ้นอยู่กับ breakdown characteristic ของไอซี และ ออป-แอมป์แตรวงจรมีข้อจำกัดของกระแสที่ป้อนให้โหลดเหมือนวงจรในรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ทั้งที่กล่าวมาแล้วเป็นวงจรมีค่าต่างๆ มีราคาถูกแต่มีข้อจำกัดไม่ว่าในการใช้งานมากหรือน้อยก็ตาม ทั้งนี้โดยทั่วไปจะนิยมใช้วงจรแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์



รูป แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์แบบง่ายที่สุด

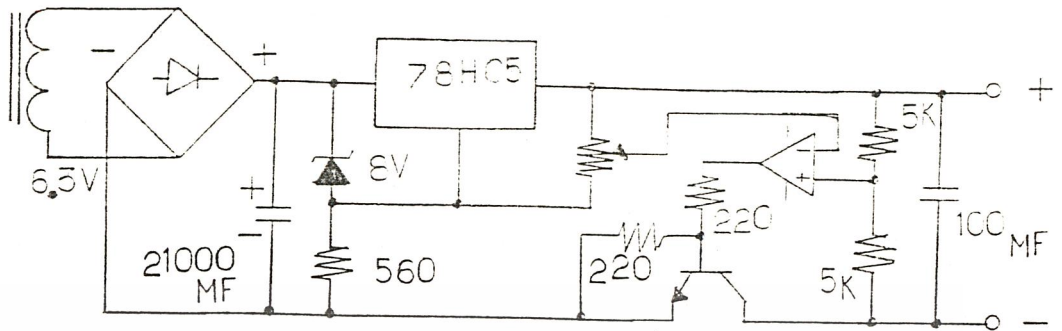


รูป แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟที่ปรับปรุงจากวงจรในรูปที่ 4

แบบในรูปที่ 6 ซึ่งจะได้อีกดังต่อไปนี้

วงจรนี้เป็นแบบเชิงเส้นที่มีประโยชน์สูง สามารถจำกัดกระแสไม่ให้เกินค่าสูงสุดได้ และถ้าไอซีร้อนเกินไปวงจรจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าได้ตามต้องการ การทำงานของวงจรจะใช้เซนเซอร์โคโอดเป็นตัวรักษาระดับแรงดันให้กับไอซีเรกกูเลเตอร์ ซึ่งไอซีเรกกูเลเตอร์จะให้เอาต์พุตโวลเตจออกมาคงที่ เพื่อนำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12A



รูป แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ซึ่งนิยมใช้กันมากที่สุด

ไปใช้ เป็นแรงดันอ้างอิงให้กับไอซี ออป-แอมป์ อีกที่หนึ่ง ไอซีออปแอมป์จะทำการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันอ้างอิงแล้วส่งสัญญาณไปที่ขาเบสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันโดยการควบคุมการจ่ายกระแส

สำหรับการทดสอบวงจร ที่ค่าเอาต์พุต ประมาณ 0-10 โวลต์ ค่าอินพุตโวลเตจจะอยู่ในช่วง 16 โวลต์  $\pm$  10% ที่กระแสเอาต์พุต 1 แอมป์แปร์ และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต 1 โวลต์ วงจรเรกกูเลเตอร์จะสูญเสียพลังงานประมาณ 17 วัตต์ โดยสูญเสียที่ตัวไอซีเรกกูเลเตอร์ประมาณ 3 วัตต์ อีก 13 วัตต์สูญเสียไปในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นจึงควรคิดแผนระบายความร้อนให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ด้วย และอาจจะติดไอซีเรกกูเลเตอร์ไว้บนแผ่นระบายความร้อนของทรานซิสเตอร์เพื่อให้ไอซีเรกกูเลเตอร์ เป็นตัวชกเซย์อุณหภูมิและตัดกำลังในกรณีที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ร้อนเกินไป จะเห็นได้จากการนำไอซีเรกกูเลเตอร์มาใช้จะช่วยลดความยุ่งยากของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงไปเ็นมากที่สุด ทั้งยังมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น

FLOSENSOR ถูกออกแบบมาโดยเจตนาสำหรับวัดคลื่นในท่อ ถ้าจะให้ดีที่สุดจะต้องมี PIPE FITTING (ดังรูปที่ 2) อยู่ในท่อเพื่อรับสัญญาณคลื่นการติดตั้ง FITTING กับ SENSOR ส่วนมากจะใช้กับงานท่อที่วางเป็นเส้นตรง ทางด้านแกมดิ่งหรือแนวนอน SENSOR มีโอกาสเสี่ยงสูงที่จะฟังได้ถ้าเจอฟองอากาศกับการตกตะกอนของน้ำ ในระห่างที่ตัวบัพติดท่อนวางานอยู่อย่างต่อ เนื่อง การติดตั้ง FITTING กับ SENSOR นั้นควรมีที่ว่างสำหรับการหมุนของน้ำในท่อคือช่องว่างนั้นควรมีขนาด 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับการหมุนหรือการกระทบกันได้ ควรมีขนาดอย่างน้อย 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง สำหรับการไหลของน้ำเมื่อผ่าน SENSOR แล้ว ดังรูปที่ 3

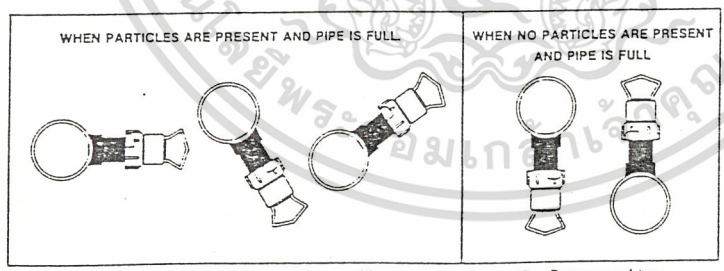


Figure 4A. Some suggested side-mounting positions. Figure 4B. Bottom and top-mounting positions.

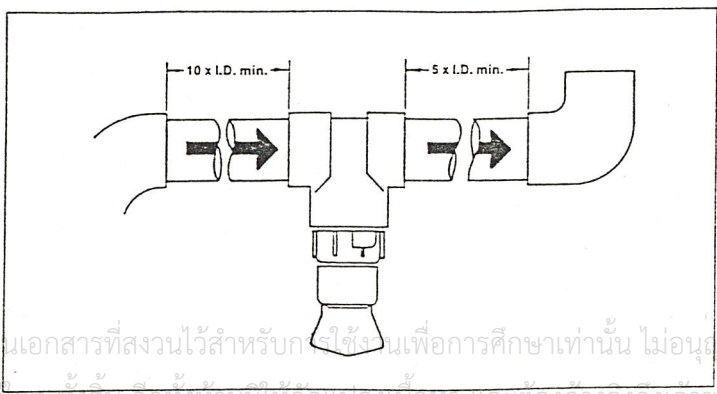


Figure 5. Installation location of the Signet Pipe Fitting & Flosensor

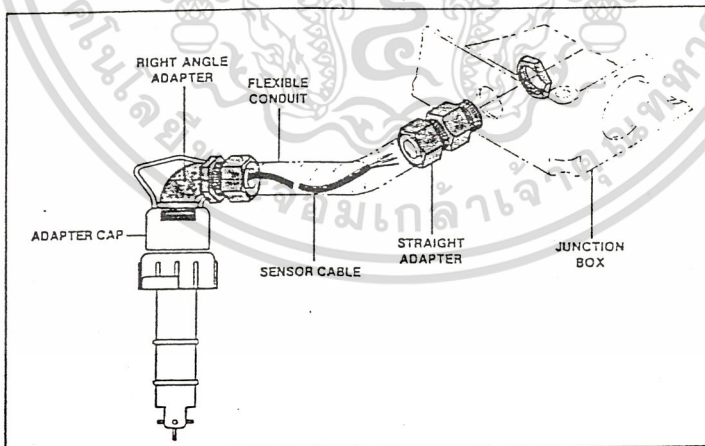
รูปที่ 3

การติดตั้ง FITTING และ SENSOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

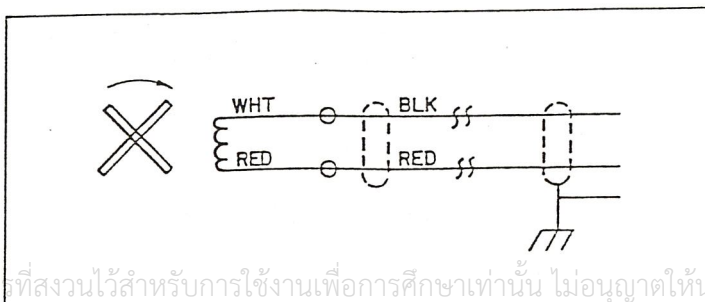
**FLOSENSOR**

หลักการทำงานของ FLOSENSOR มีอยู่ว่า เมื่อมีแรงดันของน้ำไหลผ่านใบพัดของ SENSOR เกิดแรงเหวี่ยงน้ำขึ้นระหว่างขดลวดกับแกนแม่เหล็กซึ่งยังติดกับใบพัด ทำให้เกิดมีค่าความถี่ขึ้นที่เอาท์พุทตามความแรงของแรงดันของน้ำจะมีลักษณะของสัญญาณเป็น SINEWAVE ดังรูป ซึ่งหนึ่งรอบ (ONE CYCLE) จะเกิดจากใบพัดสองใบหมุนตัดกับขดลวด



รูปลักษณะของ SENSOR

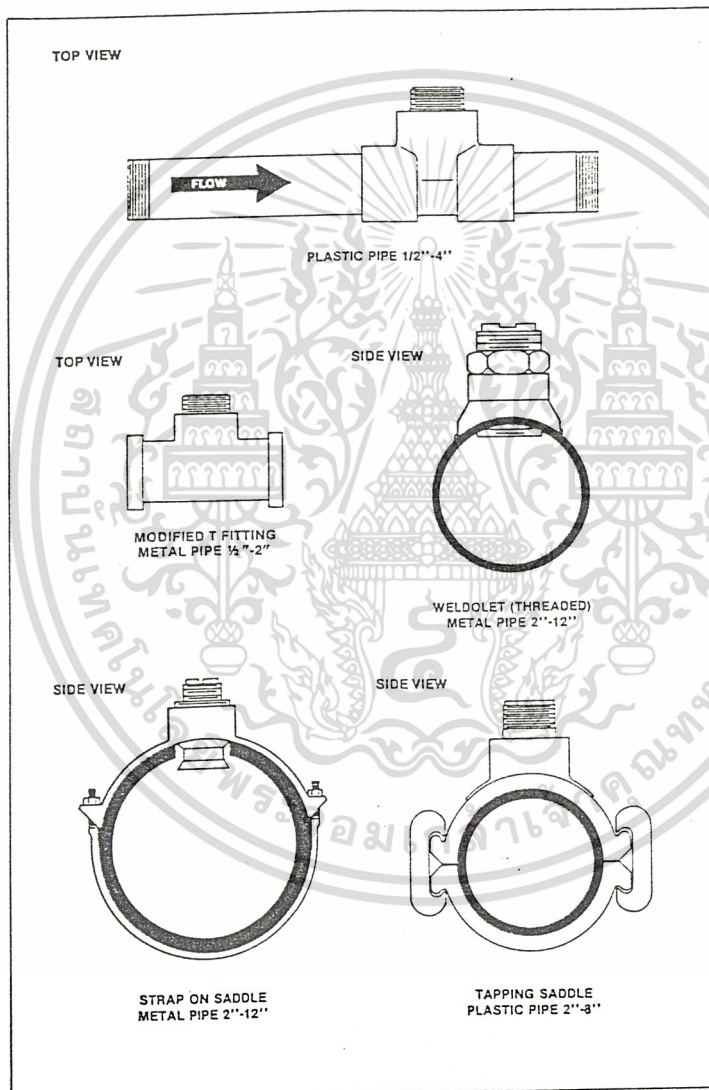
Figure 8. Detailed drawing of the MK 515.39 Sensor Conduit Kit.



รูปโครงสร้างของ SENSOR

Figure 9. Simplified schematic of the MK 515/415.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 การติดตั้ง FITTING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิพรีจิสเตอร์ วงจรนับ วงจรหาร

ในระบบดิจิทัลทั่วไป การทำงานของวงจรจะให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับ "1" หรือ "0" โดยปกติเรามักกำหนดระดับแรงดัน  $+V_{CC}$  เป็นระดับแรงดันลอจิก 1 และระดับแรงดัน 0 โวลต์ เป็นระดับแรงดันลอจิก "0" สำหรับการดำเนินงานของวงจรในระบบซีเควียนเขียนเขียนนั้น จะแตกต่างกับวงจรในระบบคอมไบเนชัน ก็เนื่องจากวงจรซีเควียนเขียนมีการทำงานที่ขึ้นอยู่กับสัญญาณนาฬิกา หรือขึ้นอยู่กับเวลานั้นคือการทำงานจะเป็นจังหวะตามลักษณะของการควบคุม วงจรในระบบซีเควียนเขียน จึงต้องใช้ฟิลิปฟลอปเป็นอุปกรณ์สำคัญ แต่ในปัจจุบันนี้เรามีไอซีที่ประกอบควยฟิลิปฟลอปภายในหลายตัวทำหน้าที่รวมกัน เช่น วงจรนับ วงจรหาร วงจรชิพรีจิสเตอร์

ชิพรีจิสเตอร์

ก่อนที่จะเข้าใจการทำงานของชิพรีจิสเตอร์ ขอให้ทำความเข้าใจกับคำว่า รีจิสเตอร์ เสียก่อน รีจิสเตอร์ ถ้าแปลเป็นไทยก็มีความหมายว่าลงทะเบียนไว้ เมื่อใช้ในทางดิจิทัลบิต เลขทวินารีก็มีความหมายว่าเป็นที่เก็บตัวเลข (0 หรือ 1) ข้อมูลไว้นั้นเอง ฟิลิปฟลอปที่กล่าวแล้วในบทก่อนก็คือรีจิสเตอร์ฟิลิปฟลอปหนึ่งตัวก็เก็บตัวเลขได้หนึ่งบิตหรือรีจิสเตอร์ขนาดหนึ่งบิต ถ้าเราเอาฟิลิปฟลอป n ตัวมาต่อเรียงกัน เพื่อที่จะเก็บข้อมูลให้ได้ n บิตเราก็เรียกว่ารีจิสเตอร์ขนาด n บิต (bit) เป็นศัพท์ที่ใช้ทางคานดิจิทัลเป็นหน่วยนับจำนวนของตัวเลขในทางดิจิทัลซึ่ง เป็นคำย่อของคำว่า binary digit

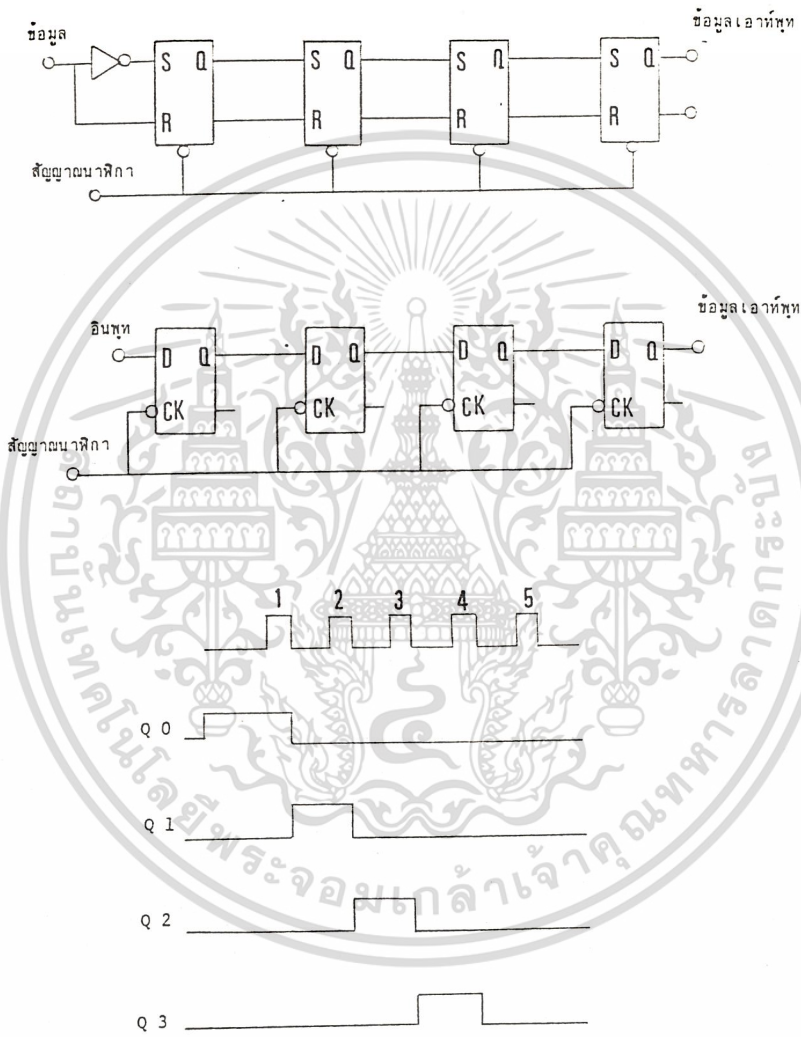
ชิพรีจิสเตอร์ จึงมีความหมายถึงรีจิสเตอร์ เก็บข้อมูลที่เก็บไว้

สามารถเลื่อนที่ไปข้างซ้ายหรือข้างขวาได้นั่นเอง ถ้าคุณลักษณะโครงสร้างของฟิลิปฟลอปที่ต่อออกเนื่องกันเป็นรีจิสเตอร์ เราจะแบ่งการทำงานของชิพรีจิสเตอร์ออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

- 1. ชิพรีจิสเตอร์ชนิดข้อมูลอินพุตแบบอนุกรมให้ข้อมูลเอาต์พุตแบบอนุกรม ชิพรีจิสเตอร์แบบนี้ใช้ชื่อภาษาอังกฤษว่า serial in serial out หรือใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างตัวขบเป็น SISO ลักษณะวงจรของซีฟท์รีจิสเตอร์ชนิดนี้แสดงให้เห็นถึงรูป  
ต่อไปนี้



เมื่อมีข้อมูลซึ่งเสมือนกับบิตลอจิก "1" เข้ามาที่อินพุต ครั้นพัลส์แรกป้อน  
เข้ามาข้อมูลลอจิก "1" จะมาอยู่ที่เอาต์พุต  $Q_0$  ของฟลิปฟล็อปตัวแรก และขณะนี้สมมุติ  
ว่าข้อมูลที่อินพุตจะเป็น "0" คือไม่มีอีกแล้วตั้งนั้นในช่วงเวลาพัลส์ ต่อมา ข้อมูล "1" ที่  
เคยอยู่ที่  $Q_0$  จะเลื่อนมาที่  $Q_1$  และเมื่อพัลส์ป้อนเข้าทางขา ck อีกมันก็จะเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอาทพุทที่เรา นำออกจากวงจรคือเอาทพุทที่ออกจากขา Q ของฟิลิปฟลอป นั้นเอง เมื่อข้อมูลที่อินพุทป้อน เข้ามา เป็นลอจิก "1" ครั้น เมื่อสัญญาณนาฬิกาพัลส์แรกผ่าน ไป QA จะมีค่าเป็น "1" และถาคองการให้เอาทพุทเป็น "0" หมค เราสามารถป้อน สัญญาณผ่านขาเคลียร์ (C1) เพื่อเคลียร์ฟิลิปฟลอปให้เป็น "0" หมค

3. ชิฟตรีจิสเตอร์ชนิดข้อมูลอินพุทแบบขนานข้อมูลเอาทพุทแบบอนุกรม นอก จากชิฟตรีจิสเตอร์ทั้งสองแบบแล้ว เรายังสามารถป้อนข้อมูลเข้าวีจิสเตอร์แบบขนาน นั้น คือการไหลคข้อมูลเขาจะป้อนข้อมูลพร้อมกันทุกบิต

วิธีการป้อนข้อมูลเขาหรือไหลคเราทำได้โดยการกระทำการพีเรเซทหรือเคลียร์ นั้นคือถาข้อมูล เป็น "1" ครั้นพัลส์ค่าสั่งไหลคผ่านมา มันจะผ่าน เกทไปทำให้ฟิลิปฟลอป ใ้รับการเซทเอาทพุท Q เป็น "1" ในทำนองเดียวกันถาที่อินพุทเป็น "0" มันผ่าน เกทไปกำหนดการเคลียร์ฟิลิปฟลอปการ เลื่อนข้อมูลกระทำโดยคการป้อนพัลส์ เขาทางขาสัญญาณ นาฬิกา ข้อมูลเอาทพุทจะ เรียงแถวออกทาง เอาทพุทของฟิลิปฟลอปภาคสุดท้าย

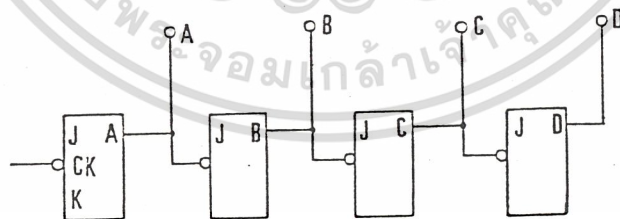
4. ชิฟตรีจิสเตอร์ชนิดข้อมูลอินพุทแบบขนานข้อมูลเอาทพุทแบบขนาน ชิฟ ตรีจิสเตอร์แบบนี้ใช้ประโยชน์ในวงจรคอมพิวเตอร์ เราไหลคข้อมูลเขาเป็นแบบขนานคือ ไหลคเข้าไปพร้อมกัน และเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาการ เลื่อนข้อมูลจะ เกิดขึ้นในพัลส์คอ ๆ มา และข้อมูลทั้งหมดจะปรากฏออกมาที่เอาทพุทพร้อมกัน

### วงจรมัลติเพลกเซอร์

วงจรมัลติเพลกเซอร์ หมายถึง วงจรที่ใช้รับจำนวนพัลส์ของสัญญาณ ดิจิตอล วงจรมัลติเพลกเซอร์เป็นส่วนของวงจรที่ใช้ในเครื่องมือต่าง ๆ เช่น เครื่องนับความถี่ เครื่องวัดแรงดัน กระแสแสดงผลคด้วยตัวเลข

จำนวนพัลส์ที่เข้าที่อินพุท

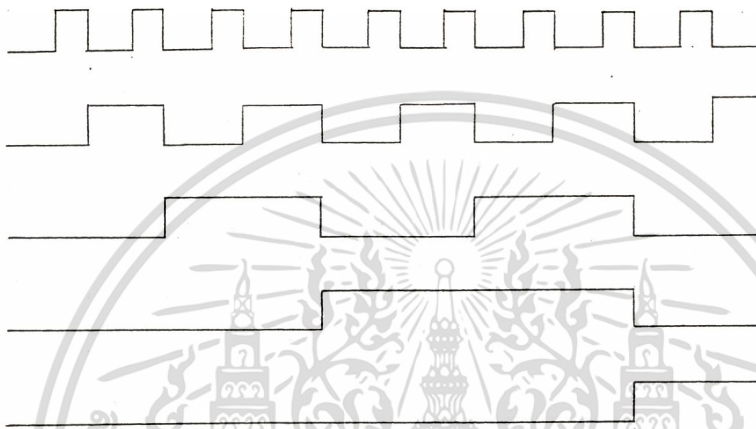
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1



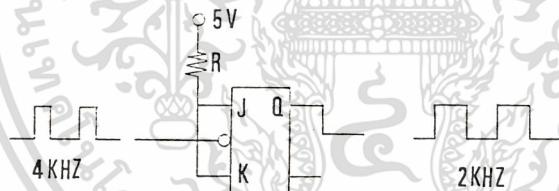
รูปที่ วงจรนับชนิดรีปเปิด

การป้อนอินพุทเราจะป้อนเข้าทางขา CK และทุกครั้งที่สามารถนำพิกัดเปลี่ยนจากลอจิก "1" ไปเป็น "0" จะทำให้ฟลิปฟล็อปเปลี่ยนสถานะ (ฟลิปฟล็อปที่ใช่ให้ขา J และ K เป็นลอจิก "1") ลักษณะของลูกคลื่นและการเปลี่ยนสถานะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

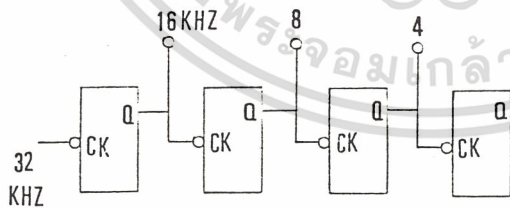
ของฟิลิปฟลอปแสดงให้เห็นดังรูปที่ 6 ถ้าพิจารณาจากลูกคลื่นเอาพุทของฟิลิปฟลอป ทั้งสี่ตัวคือ A, B, C และ D จะมีลักษณะของการนับค่าจำนวนพัลส์ตามเลขไบนารี นั่นคือ เมื่อพัลส์แรกผ่านไปเอาพุทก็แสดงค่า 0001 และพัลส์ต่อมา ก็จะแสดงค่าเป็น 0010, 0011 จนถึง 1111 และจะกลับมาก 0000 อีกครั้ง



รูปที่ 6 รูปสัญญาณคลื่นที่เอาพุทของวงจรมอดุโล 4 (MOD-4)



รูปที่ 7 การใช้ฟิลิปฟลอป หนึ่งความถี่คว



รูปที่ 8 ใช้ฟิลิปฟลอป 4 ตัว สามารถหารความถี่ได้คว 16

วงจรมอดุโล 4 (MOD-4) ที่มีฟิลิปฟลอป 4 ตัว เราอาจเรียกได้ว่าเป็นวงจรมอดุโล - 4 (MOD-4) และถ้าใช้ฟิลิปฟลอป N ตัว เราก็เรียกว่าวงจรมอดุโล MOD-N ซึ่งคำว่า MOD เป็นคำย่อของคำว่า modulu N นอกจากนี้เรายังเรียกลักษณะของวงจรมอดุโล MOD-N ว่า วงจรมอดุโล N ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

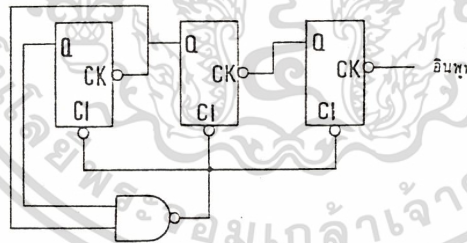
## วงจรถ่าย

ฟลิปฟล็อปมีคุณสมบัติพิเศษคือตัวมันสามารถหารความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่อินพุตได้ แต่อย่างไรก็ตามการหารความถี่ของฟลิปฟล็อปจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อต่อขา J และ K ของฟลิปฟล็อปมาอยู่ที่ลอจิก "1"

## วงจรรนับ-หารคย N

ในการต่อฟลิปฟล็อป ตัวเป็นวงจรรนับชนิดรีปเปิล จะทำให้การนับเลขไบนารีเป็นไปได้ถึง  $2^N$  สถานะ เช่นถ้าใช้ฟลิปฟล็อป 2 ตัวก็นับได้ 4 สถานะถ้าใช้ 3 ตัวก็นับได้  $2^3 = 8$  สถานะ ปัญหาที่คืออย่างไรเราจึงทำให้วงจรรนับหารคยค่าตัวเลขใด ๆ ก็ได้เช่น 3, 5, 6

วิธีที่จะทำใหวงจรรนับ นับได้ถึงค่าที่ต้องการแล้วเริ่มตนกลับมานับใหม่ เช่น นับจาก 0 ถึง 9 แล้วกลับมาเป็น 0 ใหม่ นั่นทำให้หลายวิธีด้วยกัน วิธีแรกใหวงจรรนับหยุดนับเมื่อนับถึงค่าที่เราต้องการ เช่น เมื่อมีฟลิปฟล็อปสี่ตัววงจรรจะนับจาก 0000 ถึง 1111 แล้วกลับมาเริ่ม 0000 ใหม่ แต่ถาเราตองให้นับจาก 0000 ถึง 1001 แล้วกลับมาเป็น 0 ใหม่

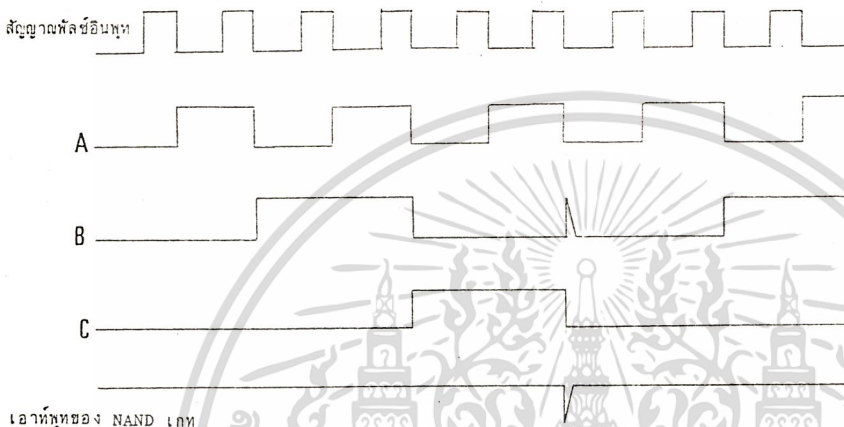


รูป แสดงวงจรรนับ - หาร

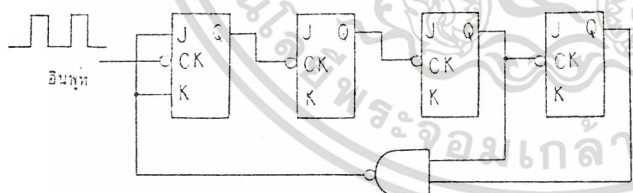
ดังตัวอย่างในรูป 9 เป็นวงจรรนับ-หารคย 6 หรือ MOD-6 การนับจะนับจาก 000-001-010-011-100-101 และแทนที่จะนับต่อไปเป็น 110 วงจรรจะได้รับการเคลียร์เป็น 000 แล้วเริ่มนับใหม่ลักษณะของลูกคลื่นแสดงให้เห็นดังรูปที่ 10

การเคลียร์ฟลิปฟล็อปจะเกิดขึ้นเมื่อขาเคลียร์ของฟลิปฟล็อปแสดงสภาวะลอจิก "0" ข้อเสีย ของวงจรรนับเช่นนี้คือมันจะให้เอาท์พุทบางส่วนเป็นพัลส์แหลม

คิงตัวอย่างเช่นพัลส์จากเอาต์พุต QB ในขณะที่เคลียร์จะมีลักษณะเป็นพัลส์แหลม ๆ เกิดขึ้น  
 นอกจากนี้เรายังมีวิธีการที่จะทำให้วงจรนับนับถึงค่าที่เราต้องการแล้ววงจร  
 จะหยุดนับคือไม่มีผลต่อสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาที่อินพุตอีกเลย จนกว่าเราจะทำการเคลียร์บางสิ่ง  
 บางอย่างเสร็จก่อนจึงค่อยให้เริ่มนับใหม่ หลักการนี้ก็คล้ายคลึงกับหลักการที่กล่าวมาแล้ว  
 นั่นเอง เพียงแต่เราเอาเอาต์พุตที่ออกจาก NAND เกตต่อเข้ายังขา J และ K



รูปที่ 10 สัญญาณการทำงานของวงจร



รูปที่ 11 วงจรนับเมื่อนับถึง 11000 แล้วมันจะหยุดนับ

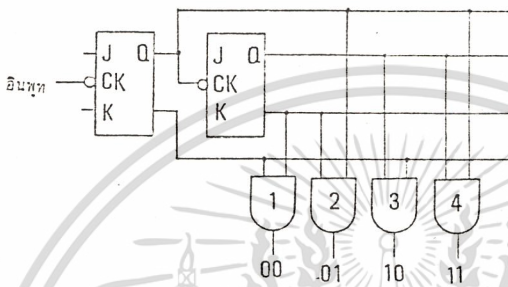
ของฟลิปฟล็อปเป็น 0 หมก เอาต์พุตของฟลิปฟล็อปก็จะไม่เปลี่ยนแปลงสถานะคือจะคงค่า  
 เช่นนี้เรื่อยไป

การถอดรหัสวงจรรนับ

ในบางครั้งการที่เอาต์พุตของฟลิปฟล็อปทุกตัวแสดงสถานะทางไบนารีเป็นสิ่งที่  
 ที่เราไม่สามารถแสดงความหมายได้โดยตรง เราจึงต้องมีวงจรถอดรหัสวงจรรนับ การถอด  
 เอกสารนี้เพิ่มเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 วงจรนับก็อาจวงจรแกทเกตเป็นวงจรถอดรหัสนั่นเอง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

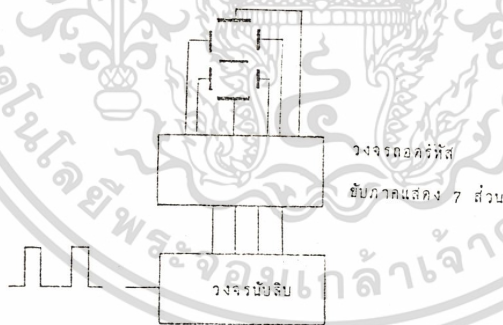
เอาต์พุตของการนับจะแสดงลอจิก "1" ที่เอาต์พุตของวงจร AND เกท ตามตัวเลขไบนารี เช่นเมื่อแสดง 00 เอาต์พุตของเกท "1" และ 10" ที่เอาต์พุตของเกท 2 ตัวนั้นถ้าให้พัลส์เข้าที่อินพุตแบบต่อเนื่องเอาต์พุตของเกทก็จะเรียงกันไป

ในวงจรนับที่ใช้งานเช่นวงจรนับสิบ เรามักจะให้เอาต์พุตส่งต่อไปภาคแสดงเพื่อแสดงเอาต์พุตเป็นตัวเลขที่เราเข้าใจได้ทันทีดังแสดงในรูปที่ 13 และวงจรที่ใช้มักประกอบ



รูปที่ 12 วงจรถอยครีฮ์สวงจรมับ  
ไบนารี 2 บิต

อยู่ในไอซีที่เราต่อ เชื่อมใช้งานได้ทันที.

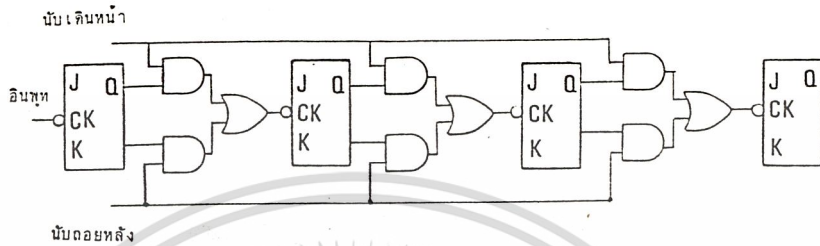


รูปที่ 13 วงจรถอยครีฮ์สจากตัวเลขไบนารีเป็นเอาต์พุตภาคแสดง 7 ส่วน

วงจรมับ เดินหน้า-ถอยหลัง

วงจรมับที่กล่าวถึงแล้วนั้นมักจะเป็นวงจรมับชนิดเดินหน้าหรือกล่าวทางค่านเลขฐานสิบก็คือนับจาก 0, 1, 2 ... แต่บางครั้งเราอาจจะต้องการใช้งานในการนับในลักษณะถอยหลัง 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 เป็นต้น วิธีการที่จะนับเดินหน้าและถอยหลัง เราก็ต่อเกทเพิ่มเข้าไปในวงจร ขอให้พิจารณาวงจรมับชนิดเดินหน้าและถอยหลังที่เป็นวงจรของไอซีเบอร์ 74191

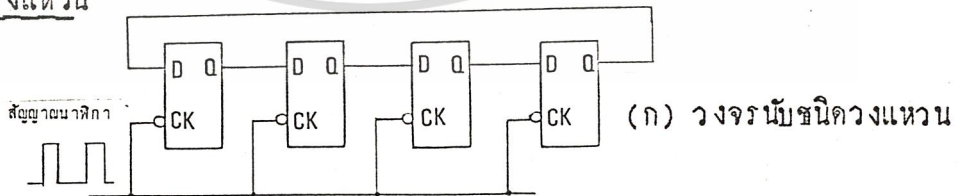
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 โครงสร้างของวงจรนับเดินหน้า-ถอยหลังชนิด 4 บิต

การนับนั้นถ้าเราเอาเอาต์พุตออกจากวงจรรีปเปิลเคาวันเตอร์ทางขา Q ของฟลิปฟลอปบนทุกตัววงจรจะเป็นการนับเดินหน้า และถ้าเอาเอาต์พุตทางขา  $\bar{Q}$  เอาต์พุตก็จะได้เป็นวงจรนับถอยหลัง โครงสร้างของไอซีเบอร์ 74191 เป็นการกำหนด เกทขึ้นมาเพื่อที่จะป้อนเอาต์พุตจาก Q หรือ  $\bar{Q}$  ไปยังฟลิปฟลอปอีกตัวหนึ่งนั่นคือถ้าที่ ขา นับเดินหน้า เป็นลอจิก "1" และขา นับถอยหลังเป็นลอจิก "0" เมื่อผ่านวงจร เกทก็เสมือน กับการที่เอาเอาต์พุตทางขา "1" และขา นับถอยหลังเป็นลอจิก "0" เมื่อผ่านวงจร เกทก็เสมือนกับการที่เอาเอาต์พุตทางขา Q เข้าหาขา CK และในทำนองเดียวกันถ้าต้องการนับถอยหลัง ก็เป็นการต่อขา  $\bar{Q}$  เข้ากับขา CK นั้นเอง

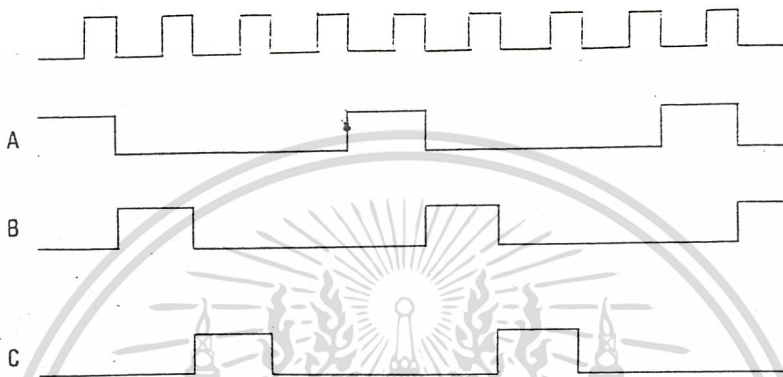
วงจรมีชนิดวงแหวน



วงจรมีชนิดวงแหวน เป็นแบบหนึ่งของซีพรีจิสเตอร์ที่มีการย้อนกลับ และเป็นแบบ ที่มีโครงสร้างง่ายมาก ลักษณะของวงจรแสดงให้เห็นดังรูปที่ 15 ซึ่งเป็นวงจรมีชนิดวงแหวน ขนาดสี่บิตที่ประกอบด้วยฟลิปฟลอป 4 ตัว

การทำงานของวงจรถูกเป็นการนำเอาสัญญาณไหลวนเวียนกันไปจากตัวแรกจนถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตัวสุดท้ายแล้วกลับมา เริ่มต้นที่ตัวแรกใหม่ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

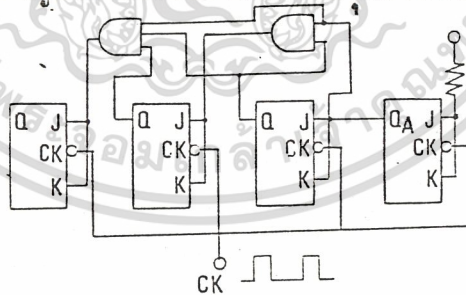
ปัญหาของวงจรมือยู่ที่ว่าในขณะที่เริ่มต้นฟลิปฟลอปตัวแรกควรมีสถานะ "1" ส่วนฟลิปฟลอปตัวอื่น ๆ ควรมีค่าเป็น "0" ซึ่งโดยปกติเรามีการต่อวงจรถ่วงเพื่อป้อนให้วงจรถ่วงได้



รูปที่ 15

วงจรมัลติซิงโครนัล

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวงจรมัลติซิงโครนัลคือเมื่อต้องการสร้างเป็นวงจรมอด-นแล้วจะเกิดพัลส์เล็ก ๆ ที่ไม่พึงปรารถนาจากการป้อนกลับมาเคลียร์ฟลิปฟลอป แต่สำหรับวงจรมัลติซิงโครนัลสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้เพราะฟลิปฟลอปทุกตัวในวงจรมัลติซิงโครนัลจะเปลี่ยนสถานะ



รูปที่ 16 วงจรมัลติซิงโครนัล

พร้อมกัน ฟลิปฟลอปที่จะใช้นี้ต้องเป็นฟลิปฟลอปชนิดมาสเตอร์สเลฟฟลิปฟลอป

ในการต่อเป็นวงจรมัลติซิงโครนัลสามารถนับได้ตามปกติอีกทั้งความเร็วในการนับจะนับได้สูงกว่าวงจรมัลติซิงโครนัลแบบเดิมมาก เพราะจะไม่มีช่วงเวลาเกิดขึ้นระหว่างฟลิปฟลอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วงจรที่รูปคลื่นแบบโคโอดที่ใช้งาน

วงจรที่รูปคลื่นแบบโคโอดที่ใช้งานจริง ๆ นั้น ค่าของตัวความต้านทาน  $R$  ในวงจรจะต้องมีค่าที่เหมาะสมทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ใหญ่สองประการคือ

1. ขณะที่โคโอดได้รับแรงดันไบอัสตรง ขนาดของแรงดันที่เอาต์พุตจะต้องเท่ากับขนาดของแรงดันที่อินพุต และ

2. ขณะที่โคโอดได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ขนาดของแรงดันเอาต์พุตจะต้องมีค่าเป็นศูนย์

แต่จากความจริงที่ว่าแม้โคโอดจะได้รับแรงดันไบอัสตรง แต่โคโอดจะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งซึ่งน้อย ดังนั้นจึงคล้ายกับว่าในวงจรประกอบด้วยตัวความต้านทานสองตัวอนุกรมกันอยู่และมีลักษณะคล้ายกับ "วงจรแบ่งแรงดัน" ดังแสดงในรูปที่ 6.4

$$\text{ดังนั้น} \quad e_o = e_{in} \frac{R}{R_f + R} \quad (4.2)$$

จากสมการข้างบนนี้ ขนาดของแรงดันที่เอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ หรือใกล้เคียงกับแรงดันที่อินพุตได้ก็ต่อเมื่อค่า ถูกพิจารณาว่ามีค่าน้อยกว่า มาก ๆ

ดังนั้นในการออกแบบวงจร เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ในข้อ 1 เรา ก็พยายามเลือกค่าที่มีค่ามากกว่า มาก ๆ และในกรณีที่โคโอดได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ โคโอดจะมีค่าความต้านทานสูงมาก ดังนั้นวงจร เปรียบเทียบอาจเขียนได้ดังในรูปที่ 4.7 ซึ่งก็มีลักษณะเป็นวงจรแบ่งแรงดันอีกเช่นกัน

$$\text{แต่ในขณะนี้} \quad e_o = e_{in} \frac{R}{R_f + R} \quad (4.3)$$

จากสมการข้างบนนี้ ขนาดแรงดันที่เอาต์พุตจะมีค่า เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงนี้โคโอดของ จะต้องมีค่ามากกว่าค่า มาก ดังนั้นในการออกแบบวงจร เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ในข้อ 2 เรา ก็พยายามเลือกค่า ที่มีค่าน้อยกว่าค่า มากกว่า ดังนั้นจะเห็นว่า เพื่อให้บรรลุถึงจุดประสงค์ทั้งสองข้อ ค่า จะต้องมีค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่งโดย

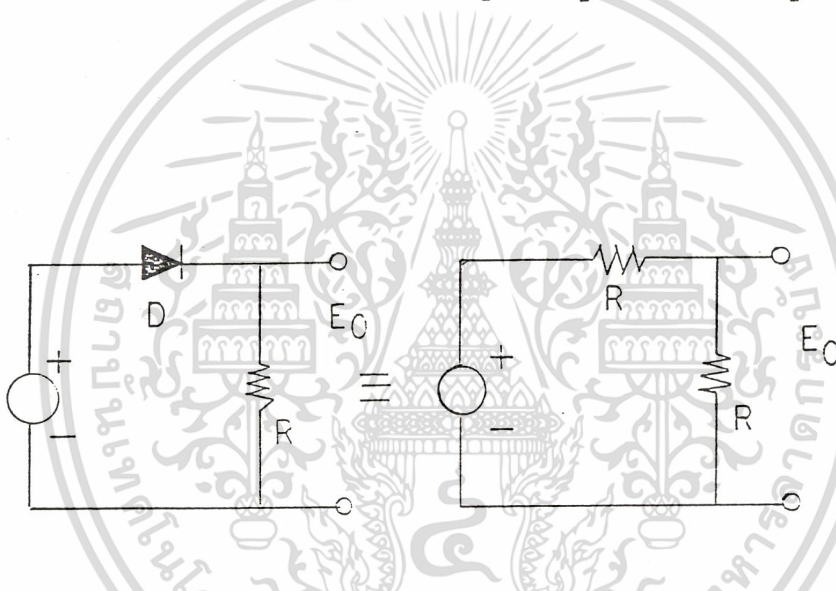
$$R = R_f R_r \tag{4.4}$$

ซึ่ง  $R$  คือค่าความต้านทานของตัวความต้านทานในวงจร (โอห์ม)

$R_f$  คือค่าความต้านทานไดโอดขณะไบอัสตรง (โอห์ม)

และ  $R_r$  คือค่าความต้านทานไดโอดขณะไบอัสย้อนกลับ (โอห์ม)

สำหรับค่าของ  $R_f$  และ  $R_r$  ของไดโอดนั้นสามารถวัดหรือคำนวณหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสและแรงดันของไดโอดซึ่งแสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นกราฟโดยการประมาณ, ค่าของ  $I_F$  และ  $V_F$  ในรูปนี้ ทางบริษัทผู้ผลิตจะแจ้งไว้

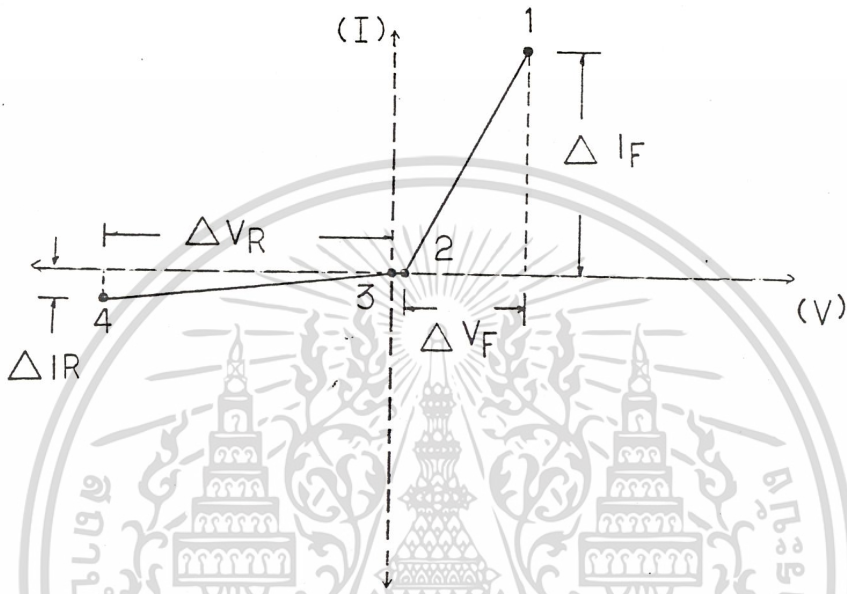


รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะวงจรเปรียบเทียบของวงจรที่รูปคลื่นแบบไดโอด ขณะที่ไดโอดได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ

ค่าประมาณของ  $R_f$  ก็คือความชันของสโลป (slope) ทางด้านไบอัสตรงของรูปที่ 4.8 หรือก็คือ

$$\begin{aligned} R_f &= \frac{V_F}{I_F} = \frac{V_1 - V_2}{I_1 - I_2} \\ &= \frac{1 - 0}{10 \text{ mA} - 0} = \frac{1}{10 \text{ mA}} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ینگน  $R_f = 100$  โอห์ม  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของไดโอดอย่างประมาณ

และค่าประมาณของ  $R_r$  ก็คือความชันของโสดป ทางด้านไบอัสย้อนกลับของ

รูปที่ 4.8 หรือก็คือ

$$R_r = \frac{V_R}{I_R} = \frac{V_4 - V_3}{I_4 - I_3} = \frac{75 - 0}{5 \text{ u A} - 0}$$

$$= \frac{75}{5 \text{ u A}}$$

ดังนั้น  $R_r = 15 \text{ M}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่าความต้านทาน  $R$  ซึ่งจะใช้ร่วมกับไดโอดในวงจรคลิปปี้ดนี้ควรมีค่าเป็น

$$\begin{aligned} R &= R_f R_r \\ &= 100 \times 15 \times 10^6 \\ &= 38.8 \text{ K} \end{aligned}$$

ดังนั้น  $R = 39 \text{ K}$

การหาค่าความต้านทานของความต้านทานนี้เป็นวิธีการหาอย่างหยาบ ๆ โดยประมาณเท่านั้น แต่ก็สะดวกและไม่ยุ่งยากซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้อีกเหมาะกับช่างเทคนิค นอกจากนี้ อาจหาค่า  $R$  ได้โดยการใส่สมการของไดโอด และค่า  $R$  ที่ได้อาจมีค่าที่เหมาะสมถูกต้องและแน่นอนยิ่งขึ้น

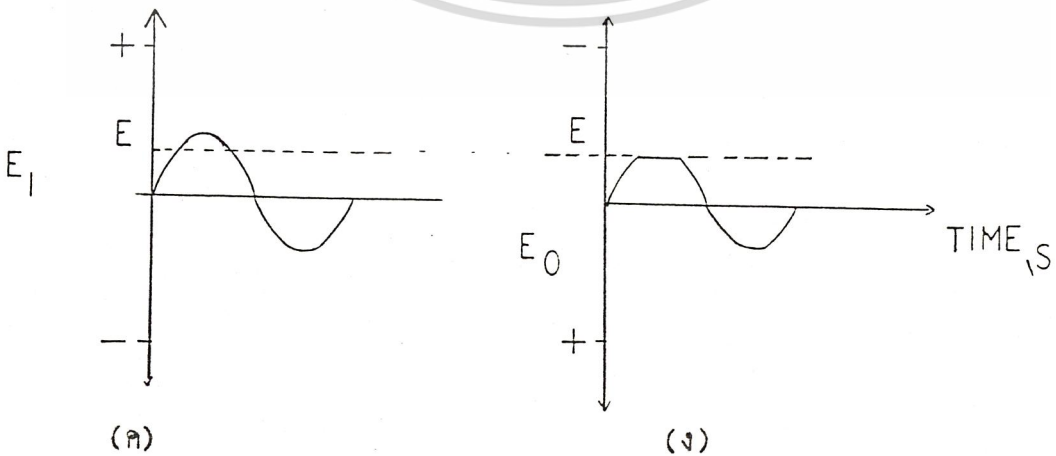
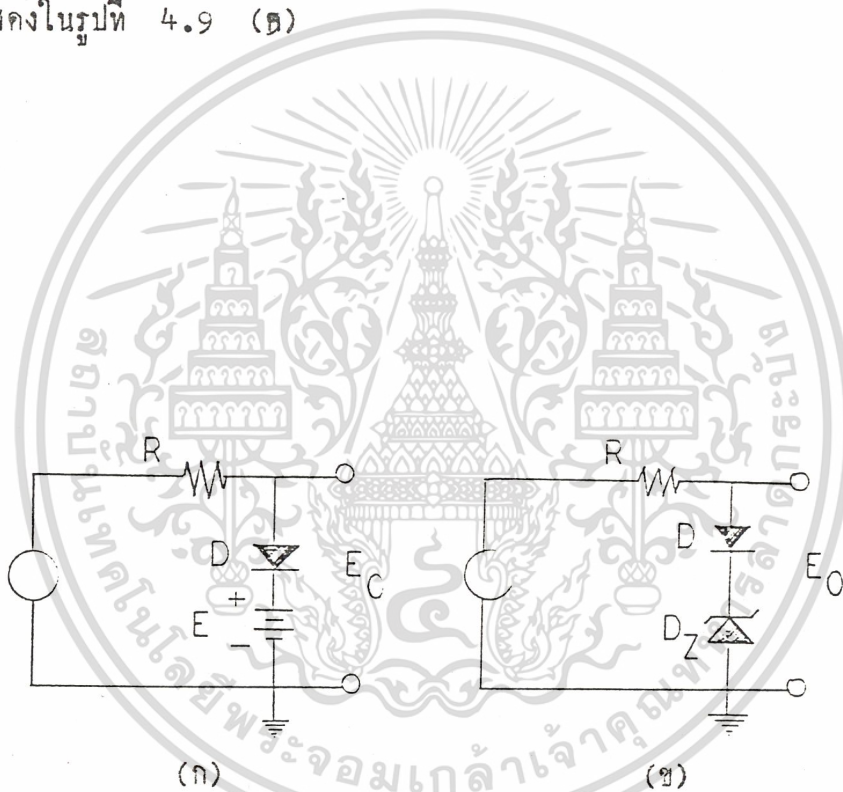
#### วงจรคลิปปี้ดแบบขนานไดโอดซึ่งถูกให้ไบอัส (Biased shunt diode clipper)

ในกรณีที่ไดโอดและตัวความต้านทานถูกนำไปต่ออยู่ในลักษณะซึ่งแสดงดังในรูปที่ 4.9

(ก) เราเรียกวงจรนี้ว่า "วงจรคลิปปี้ดแบบขนานไดโอดซึ่งถูกให้ไบอัส"

หลังการทำงานของวงจรอธิบายไว้ดังนี้ เมื่อไดโอด  $D$  ได้รับแรงดันไบอัสตรง ไดโอดจะทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์ซึ่งเปิดวงจรทำให้มีกระแสไหลในวงจร และแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันไบอัส (+E) และขณะที่ไดโอดได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ไดโอดจะทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์ซึ่งเปิดวงจรออก ดังนั้นสัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่อินพุต ถ้าหากไม่มีแรงดันอินพุตและแหล่งจ่ายแรงดันมีค่าความต้านทานภายในเป็นศูนย์แล้ว ไดโอดจะได้รับแรงดันย้อนกลับนั่นคือแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเป็นศูนย์ในช่วงที่แรงดันอินพุตมีค่าเป็นลบ ไดโอดจะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงดันของสัญญาณอินพุตจะไปช่วยเสริมกับแรงดันจากแบตเตอรี่  $E$  โดยแบตเตอรี่  $E$  ทำให้ไดโอดได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ผลก็คือแรงดันที่เอาต์พุตจะมีแรงดันเท่ากับแรงดันอินพุต

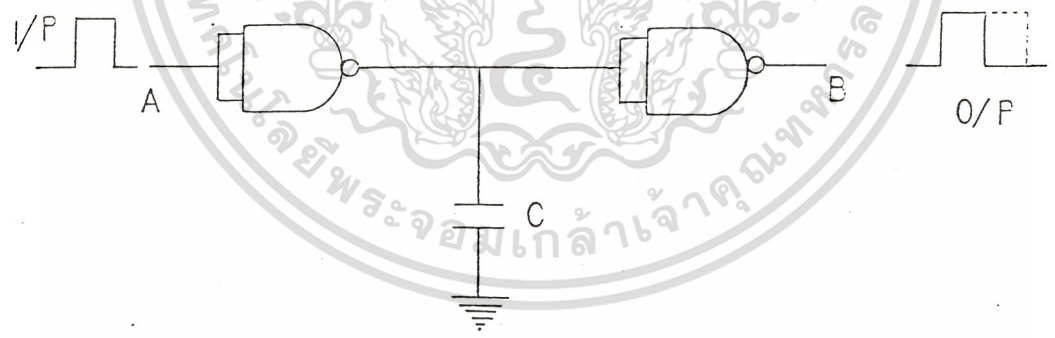
ในช่วงที่แรงดันอินพุตมีค่าเป็นบวก แรงดันของสัญญาณอินพุตจะไปหักล้างกับแรงดันจากแบตเตอรี่ E ดังนั้นแรงดันไบโอสที่ตกคร่อมไดโอดก็คือผลต่างของแรงดันจากสัญญาณอินพุตและแรงดันจากแบตเตอรี่ E และขณะที่แรงดันทั้งสองมีค่าเท่ากันคือสัญญาณอินพุตมีแรงดัน = E แรงดันเอาต์พุตจะมีค่า E เท่ากันด้วยและเมื่อแรงดันของสัญญาณอินพุตมีค่ามากกว่าแรงดันจากแบตเตอรี่ E ไดโอดจะได้รับแรงดันไบโอสตรง ไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่าน แรงดันที่เอาต์พุตจะมีค่าคงที่เท่ากับดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ต)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า รูปที่ 4.9 แสดงวงจรและลักษณะของคลื่นที่ เอาต์พุตของวงจรคค ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ รูปคลื่นแบบขนานไดโอดซึ่งถูกให้ไบโอส

### 2.4 วงจรขยายความกว้างของพัลส์

วงจรขยายความกว้างของพัลส์ เป็นวงจรที่ใช้เพิ่มความกว้างของพัลส์ ที่เข้ามาอินพุตของวงจรให้กว้างขึ้นเพื่อป้อนแก่วงจรทางดิจิทัลที่เราต้องการช่วงเวลาของการทำงานให้กว้างขึ้นกว่าเดิม ตัวอย่างของวงจรขยายความกว้างของพัลส์อย่างง่าย ๆ แสดงในรูปโดยการใช้ NAND gate จำนวนสองตัว เมื่อมีสัญญาณพัลส์ป้อนเข้ามาที่อินพุตของวงจรที่จุด A ค่าเอาต์พุตที่จุด B ของวงจรจะเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง มากกว่าความกว้างของสัญญาณอินพุต ทั้งนี้เพราะ gate หมายเลข 2 นั้นต้องการเวลาในการ charge up ไปยังค่า threshold ของมันทำให้ได้สัญญาณที่เอาต์พุตออกมามีความกว้างกว่าเดิม ค่าความกว้างของสัญญาณนี้ขึ้นอยู่กับคาปาซิเตอร์ C ในวงจร



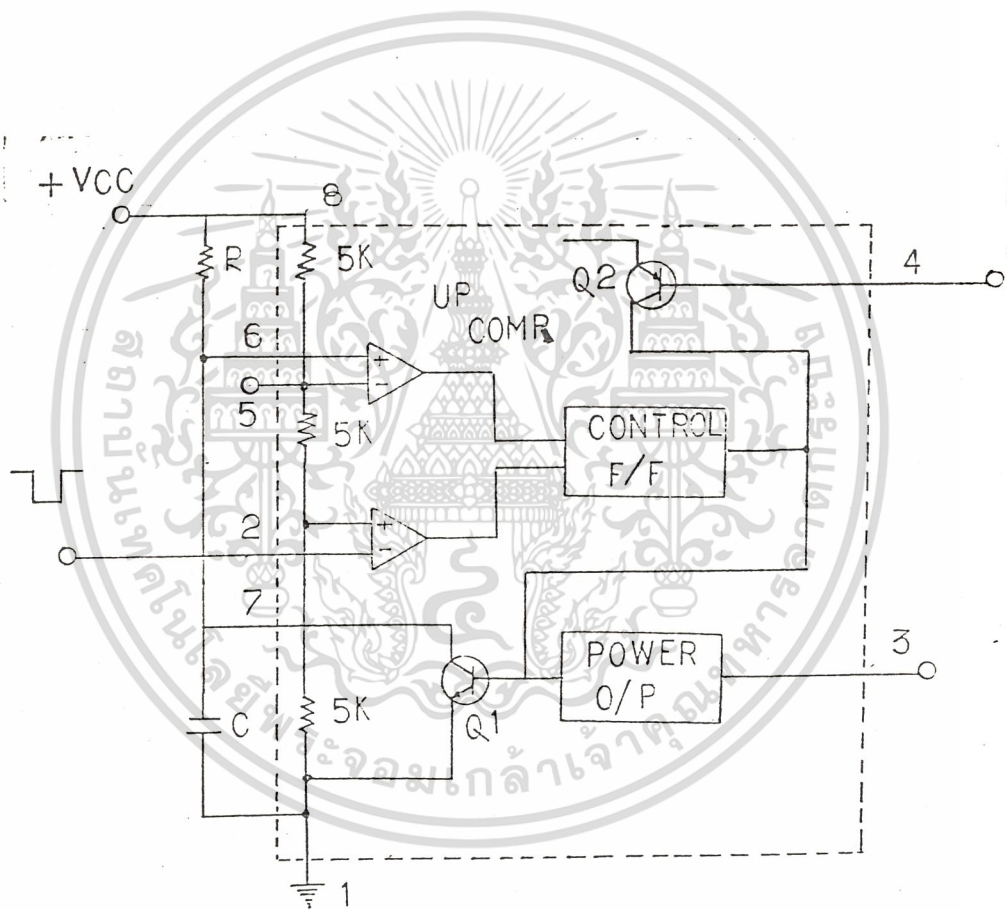
รูปที่ 30 แสดงวงจรขยายความกว้างของพัลส์

## 2.5 ทฤษฎี ไอซี 555

ในวงจรดิจิทัลทั่วไปจะปรากฏเพียงสภาวะ "0" และสภาวะ "1" ไอซี 555 เป็นไอซีที่รู้จักกันแพร่หลาย และสามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น บริษัท มอโตโรล่า ใช้ชื่อเบอร์ MC 1455 และ MC 1555 สำหรับชิปกำเนิดไอซี 555 สองตัวอยู่ในตัวเดียวกัน และให้ชื่อเบอร์ ไอซี 556 เป็นต้น

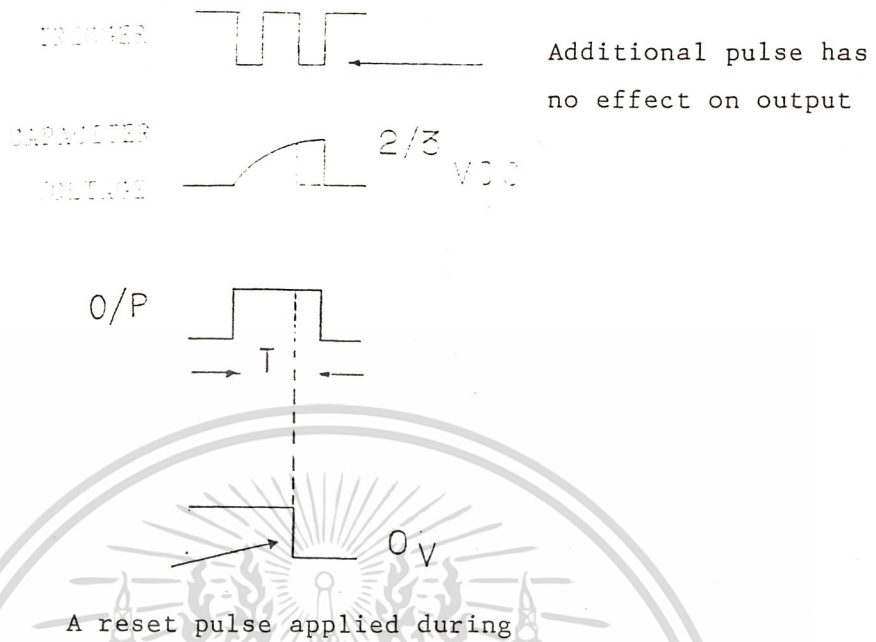
วงจรภายใน

สำหรับภายในไอซี 555 แสดงดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงวงจรภายในไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การทำงานของวงจรเมื่อสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้าทางขา 2 ซึ่งมีหน้าที่เป็น สัญญาณตรึงทริกเกอร์ เพื่อทำการตรึงให้วงจร เริ่มทำงาน แรงดันที่ขั้วบวกของอินพุทของ ตัวเปรียบเทียบ 2 จะมีค่าราว ๆ  $1/3$  ของแรงจ่ายไฟ  $V_{CC}$  และความต้านทาน 3 คิว ที่ต่ออนุกรมกันในรูปมีค่าเท่ากันคือเท่ากับ  $R$  ดังนั้นขนาดของสัญญาณพัลส์ลบ จะต้องมีค่าต่ำกว่าค่าแรงดันอินพุทของตัวเปรียบเทียบ 2 หรือมีค่าน้อยกว่า  $1/3$  ของ  $V_{CC}$

เมื่อยังไม่มีสัญญาณพัลส์ลบทรานซิสเตอร์ จะนำไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าทั้งหมดจาก แรงดันจ่ายไฟเลี้ยงจะผ่าน  $R$  ไปยังทรานซิสเตอร์ ดังนั้นตัวเก็บประจุที่อยู่ภายนอกจะยังไม่ได้รับการประจุแต่เมื่อป้อนสัญญาณตรึงทริกเกอร์ เข้าที่ขา 2 ของไอซี ตัวเปรียบเทียบ 2 จะสวิตช์ต่อไปยังวงจรฟลิป-ฟลอป เมื่อฟลิป-ฟลอปทำงานจะยังผลให้ทรานซิสเตอร์ คัทออฟ ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน  $R$  จึงไหลผ่านทรานซิสเตอร์ไม่ได้ จึงจำเป็นต้องไหลต่อดลไป ประจุให้กับตัวเก็บประจุ  $C$  เมื่อแรงดันที่ตัวเก็บประจุ  $C$  มีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่า ประมาณ  $2/3$  ของแรงดันไฟเลี้ยงวงจร วงจร เปรียบเทียบที่ตัว 1 ก็จะทำงานทันทีทำให้เกิดการกระตุ้นฟลิป-ฟลอป ให้เปลี่ยนสถานะกลับ มาอย่างเดิมอีกครั้ง จะเห็นได้จาก วงจรว่าแรงดันคร่อม  $C$  ที่จะทำให้เป็นตัวกระตุ้น ให้ตัวเปรียบเทียบ 1 ทำงานได้นั้นขึ้นอยู่กับ การควบคุมแรงดันเข้าขั้วลบ ของตัวเปรียบเทียบโดยขา 5 ของไอซี

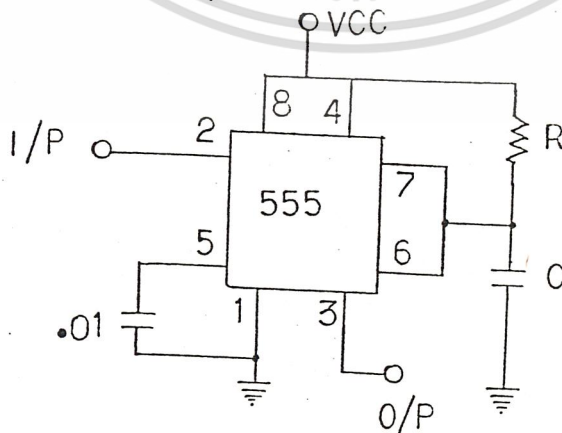
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อฟลิบ-ฟลอป ถูกสวิตช์ให้กลับมายังสภาวะเดิมทรานซิสเตอร์ก็นำไฟฟ้า  
อีกครั้ง จะคายประจุและเตรียมพร้อมสำหรับการทำงานรอบต่อไป จึงพอสรุปได้ว่า  
การทำงาน 1 ครั้งจะใช้เวลา  $1.1 RC$  และถ้าไม่มีการควบคุมแรงดันที่ขา 5 เวลา  
ที่ใช้ในการประจุเป็นตัวกำหนดจะมีค่าในการประจุ  $C$  ให้มีค่าถึง  $2/3$  ของแรงดันไฟเลี้ยง

### 2.5.1 การใช้งานไอซี 555 เป็นวงจรมอนอสเตเบิล

วงจรมอนอสเตเบิล สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรเครื่องจับการเต้น  
ของหัวใจ เครื่องหารความถี่ การมองคุณเลทวอยพัลซ์ หรือในเครื่องจ่ายไฟตรงชนิดสวิตช  
ซึ่งเรทกเลเตอร์

การทำงานของวงจรถูกกล่าวโดยย่อได้ดังนี้ เมื่อให้วงจรมอนอสเตเบิลทำงานในหน้าที่เป็นมอโน  
สเตเบิล เราจะต้องต่อตัวต้านทานหนึ่งตัวและตัวเก็บประจุในการกำหนดเวลาของพัลซ์ที่  
เอาท์พุท



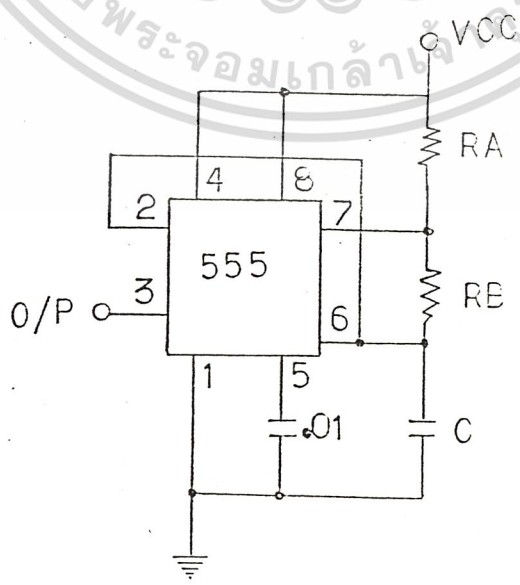
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.32 วงจรมอนอสเตเบิล  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากรูป ตัวเก็บประจุ C ที่ต่อภายนอกจะคายประจุผ่านทรานซิสเตอร์ ในขณะที่ตัวทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว เมื่อป้อนสัญญาณทริกเกอร์เข้าที่ขาทริกเกอร์ของไอซีจะทริกพลิก-ฟลอป พัลส์ของสัญญาณทริกเกอร์จะต้องเป็นพัลส์ลบ โดยจะป้อนผ่านตัวเปรียบเทียบหลังจากทริกพัลส์ผ่านไปแล้ว พลิก-ฟลอปจะทำให้ทรานซิสเตอร์ลัดวงจรตัวเก็บประจุ เอาท์พุทจะออกที่ขา เอาท์พุทของไอซีในขณะที่ C คายประจุแรงดันจะลดลง เมื่อแรงดันลดลง ถึงค่าหนึ่ง คือลดค่าลงต่ำกว่า  $1/3$  ของ  $V_{cc}$  ก็จะไปทริกพลิก-ฟลอป ทำให้เอาท์พุทเปลี่ยนเป็นพัลส์ไค่คั้งนั้นเอาท์พุทพัลส์จะไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของอินพุท แต่จะถูกควบคุมโดยค่าคงตัวเวลา  $RC$  ซึ่งช่วงเวลาของพัลส์เอาท์พุทจะมีค่าความกว้างพัลส์ประมาณ  $T = 1.1 RC$

2.5.2 การใช้ไอซี 555 เป็นวงจรรอสเตเบิ้ล

ในวงจรรอสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์เมื่อใช้ไอซี 555 การสร้างวงจระยังสะดวก และง่ายต่อการใช้งานมาก เป็นที่นิยมกันมาก

การทำงานของวงจรมีค่าได้จากรูปที่ 5 ตัวเก็บประจุภายนอก C จะรับประจุจนมีค่าแรงดันคร่อมตัวมัน เท่ากับ  $2/3 V_{cc}$  โดยการประจุผ่านตัวต้านทาน  $R_A$  และ  $R_B$  มันจะคายประจุทันทีจนกระทั่งมีแรงดันคร่อมตัว C เหลือเพียง  $1/3$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการคายประจุผ่านตัวต้านทาน นั่นคือแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุออสซิลเลทอยู่  
ระหว่าง  $1/3 V_{cc}$  และ  $2/3 V_{cc}$  สัญญาณเอาต์พุตจะอยู่ในสภาวะ "0"  
เมื่อตัวเก็บประจุคายประจุ และจะอยู่ในสภาวะเมื่อตัวเก็บประจุคายประจุ การคายประจุ  
และรับประจุ จะไม่ขึ้นกับค่าแรงดันจ่ายไฟเลี้ยง แต่จะขึ้นอยู่กับค่า R และ C  
เราอาจจะทำให้วงจรออสซิลเลท หรือหยุดออสซิลเลทด้วยวิธีที่ต่อ ที่ขา 8 กับขา 4  
ช่วงเวลาของการที่ตัวเก็บประจุรับประจุ หรือเอาต์พุตอยู่ในสภาวะ "1"  
หาได้โดย

$$T1 = 0.693(RA+RB)C$$

ช่วงเวลาของการการคายประจุของตัวเก็บ หรือเอาต์พุตอยู่ในสภาวะ "0"  
หาได้โดยคาบเวลาหาได้โดย

$$T1 = 0.693 RB C$$

$$Tt = 0.693(RA+2RB)C$$

ความถี่ของการออสซิลเลทหาได้จาก

$$f = \frac{1}{Tt} = \frac{1.44}{(RA+2RB)C}$$

Hz	%	O/P(MA)
105.7	100	20
79.2	75	16.2
52.8	50	12
26.4	25	8.0
0	0	4

ผลจากการทดลองจาก 0-100%  
ที่ขนาดที่ 3 นิ้ว

Hz	%	O/P(MA)
112	100	20
84	75	16.1
56	50	12
28	25	8.1
0	0	4.0

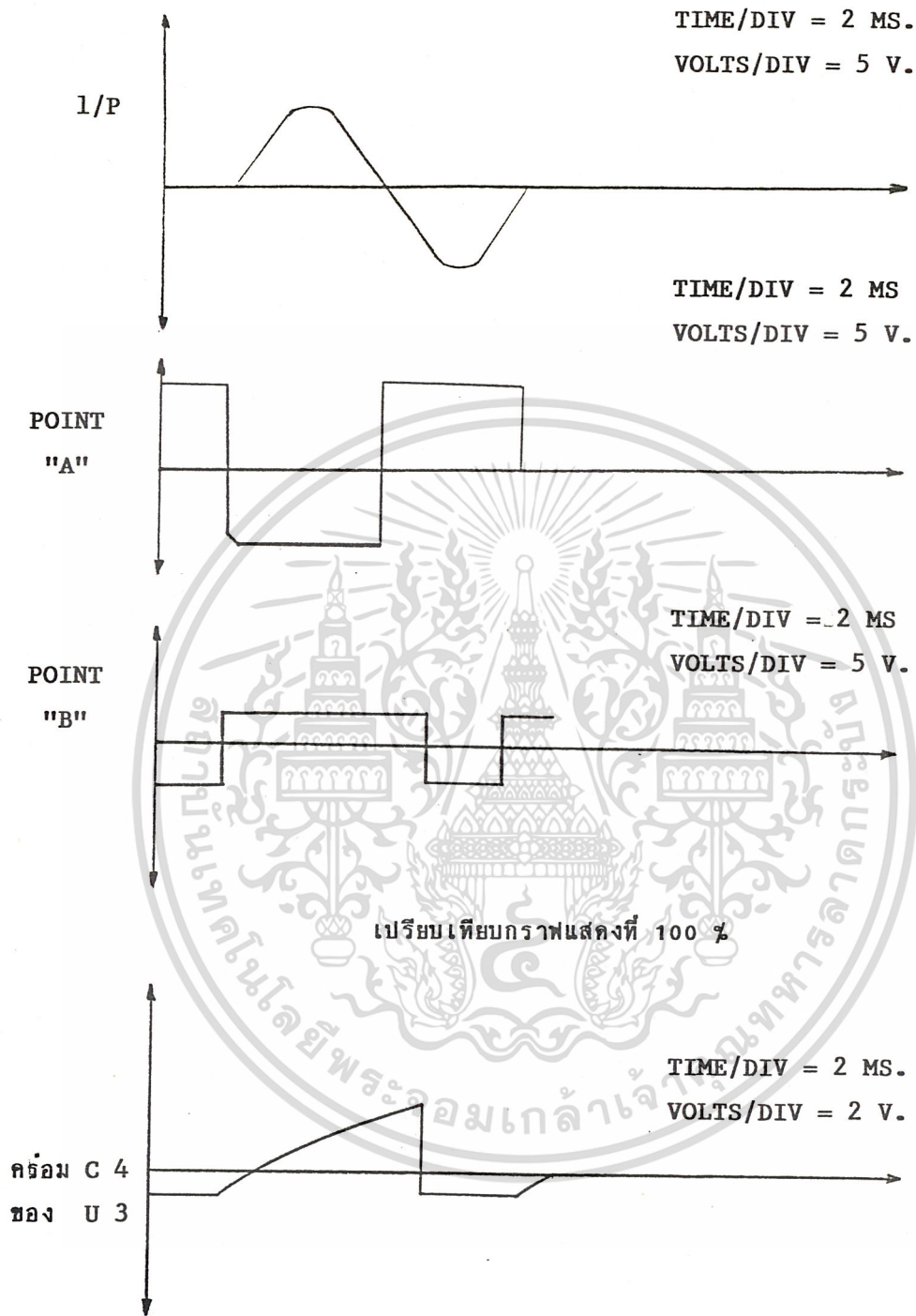
ผลจากการทดลองจาก 0-100%  
ที่ขนาดที่ 5 นิ้ว

Hz	%	O/P(MA)
127.6	100	20
95.7	75	16.9
63.8	50	12.6
31.9	25	8.4
0	0	4

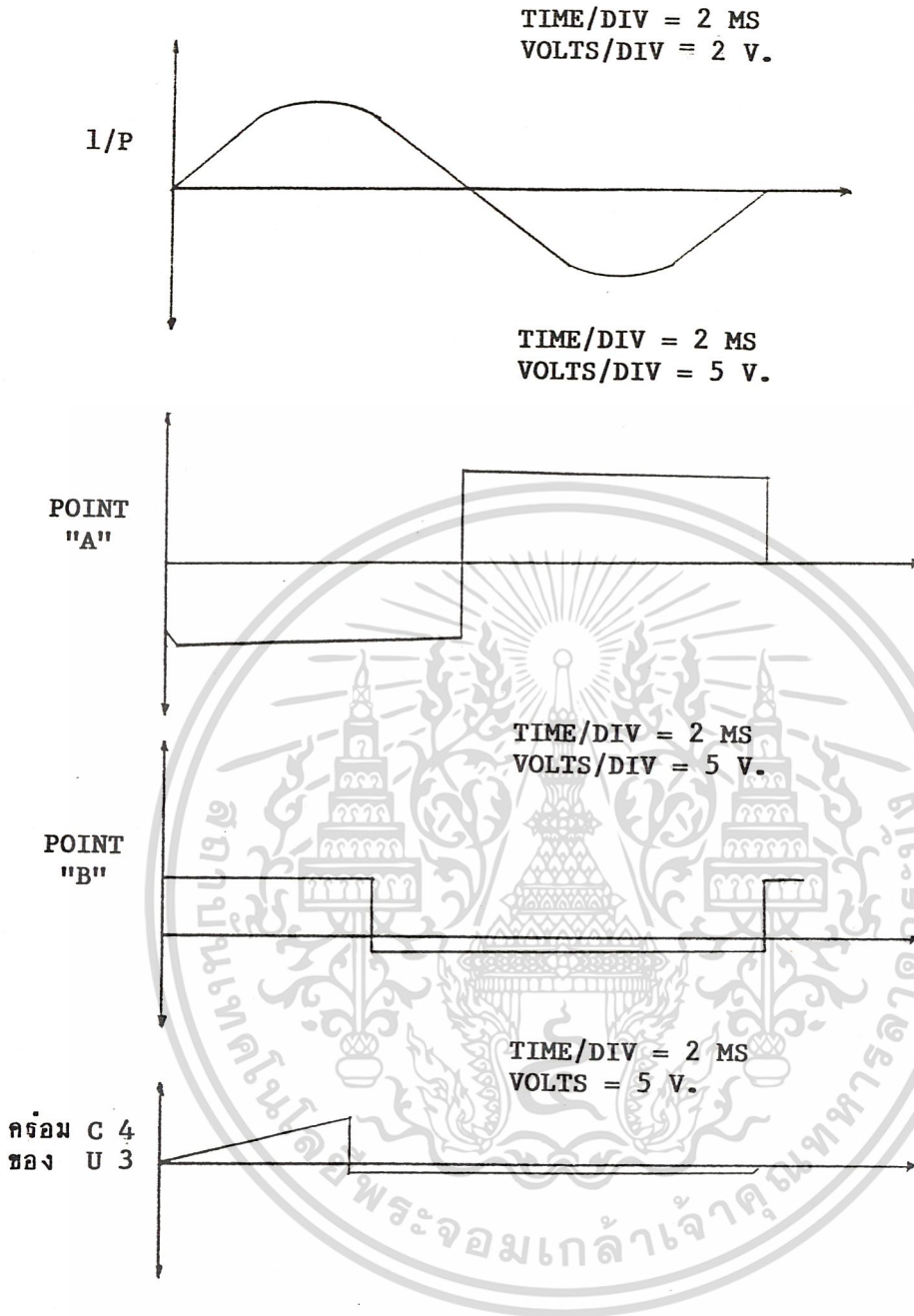
ผลจากการทดลองจาก 0-100%  
ที่ขนาดที่ 12 นิ้ว

**ตารางแสดงผลจากการทดลอง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

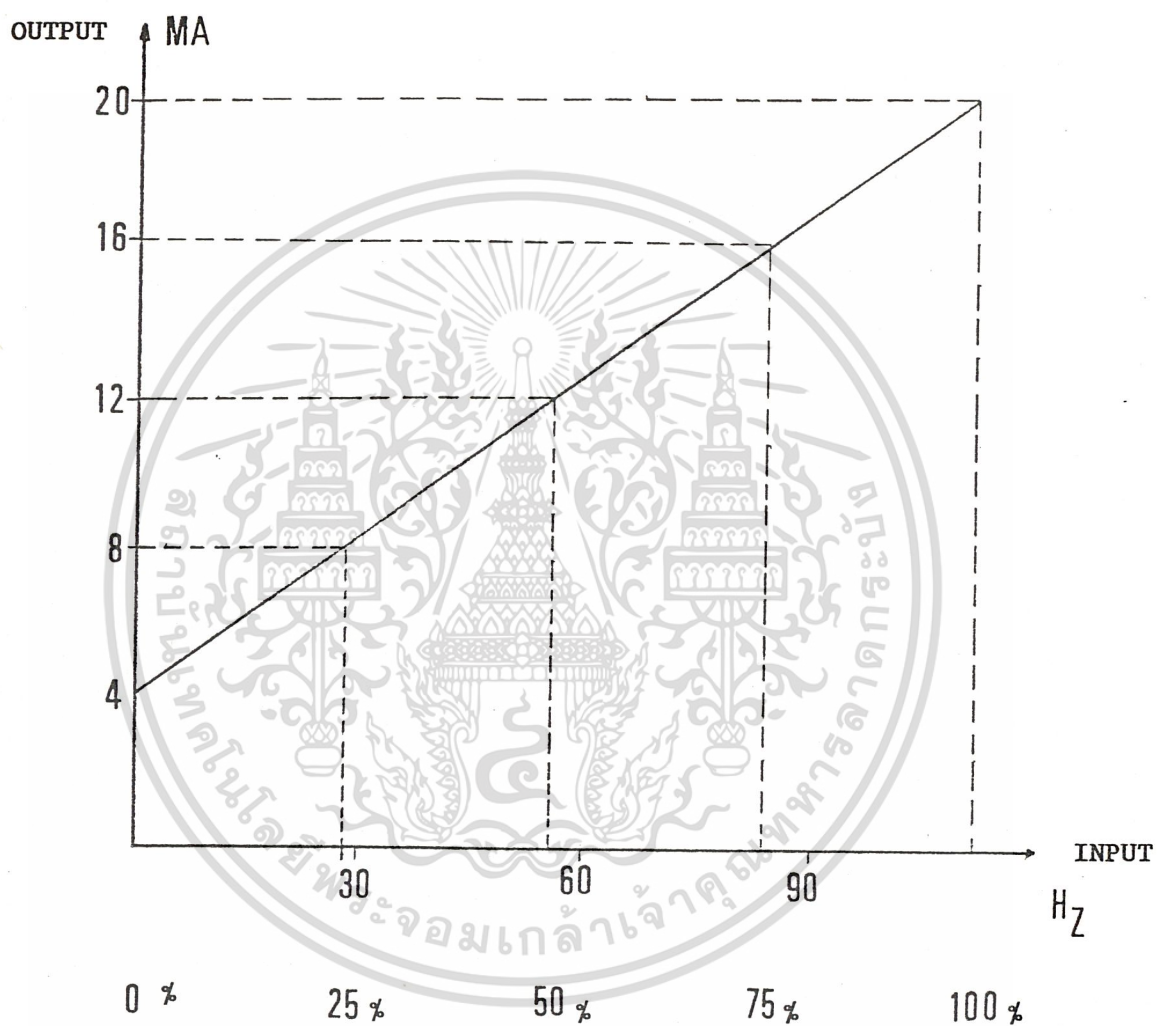


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เปรียบเทียบกราฟแสดงที่ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง INPUT กับ OUTPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

จากการทดลอง เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำของท่อทั้งสามขนาดคือ 3", 5" และ 12" ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตจะอยู่ในช่วงที่ตีมาก เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองนำมาเขียนเป็นกราฟค่าทั้งสามขนาดจะเป็นเส้นตรง ดังนี้

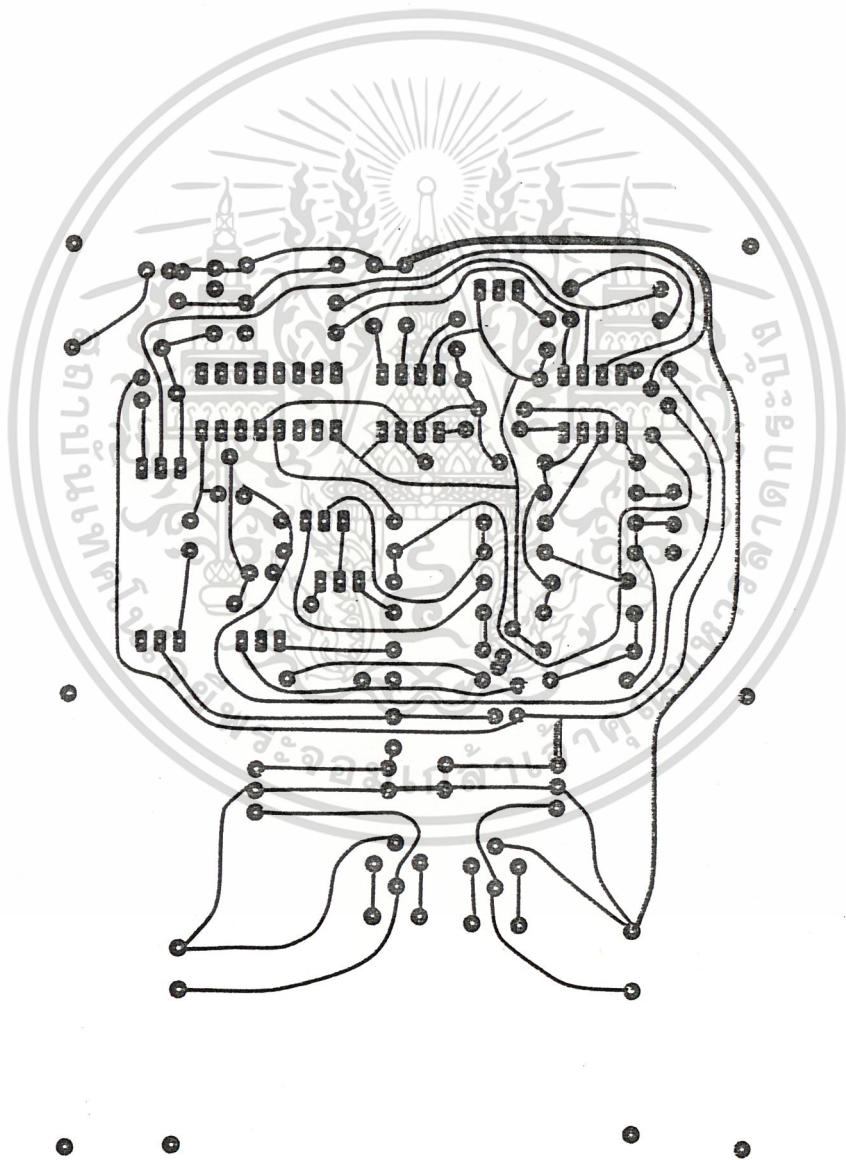
1. ที่ขนาดทั้ง 3 นิ้ว ที่ 0-100 % ความที่อินพุตที่ 0-105.7 H<sub>2</sub> จะมีช่วง 25% และ 75% จะแตกต่างกันเล็กน้อยคือ 16.2 มิลลิแอมป์ นอกนั้นจะเป็นเส้นตรง
2. ที่ขนาดของท่อ 5 นิ้วที่ความถี่ 0-112 H<sub>2</sub> จะมีช่วง 25% และ 75% ที่ผิดเพี้ยนออกไปแต่ก็ถือว่าเป็นเส้นตรงเพราะค่าที่ ERROR เมื่อเทียบเป็น % แล้วมีค่าน้อยมาก
3. ที่ขนาดของท่อ 12 นิ้วที่ความถี่ 0-127.6 H<sub>2</sub> จะมีช่วงกลางของเส้นกราฟ จะโค้งออกไป แต่ไม่มากนัก
4. จากการทดลองของท่อทั้ง 3 ขนาดนี้แล้วเรายังสามารถทำการวัดขนาดของท่อต่างๆได้อีกแต่ไม่เกิน 12 นิ้วในช่วง 2 นิ้ว 4 นิ้ว และ 6-11 นิ้ว เป็นต้น ซึ่งจะทำการค่าของความสัมพันธ์อินพุต และ เอาท์พุต ออกมาในลักษณะที่เป็นเส้นตรง ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของการทำเครื่องมือชนิดนี้
5. ผลรวมของอัตราการไหลของน้ำวัดออกมาได้ถูกต้อง เนื่องจากค่าความถี่จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเอาท์พุต

## วิจารณ์ผลการทดลอง

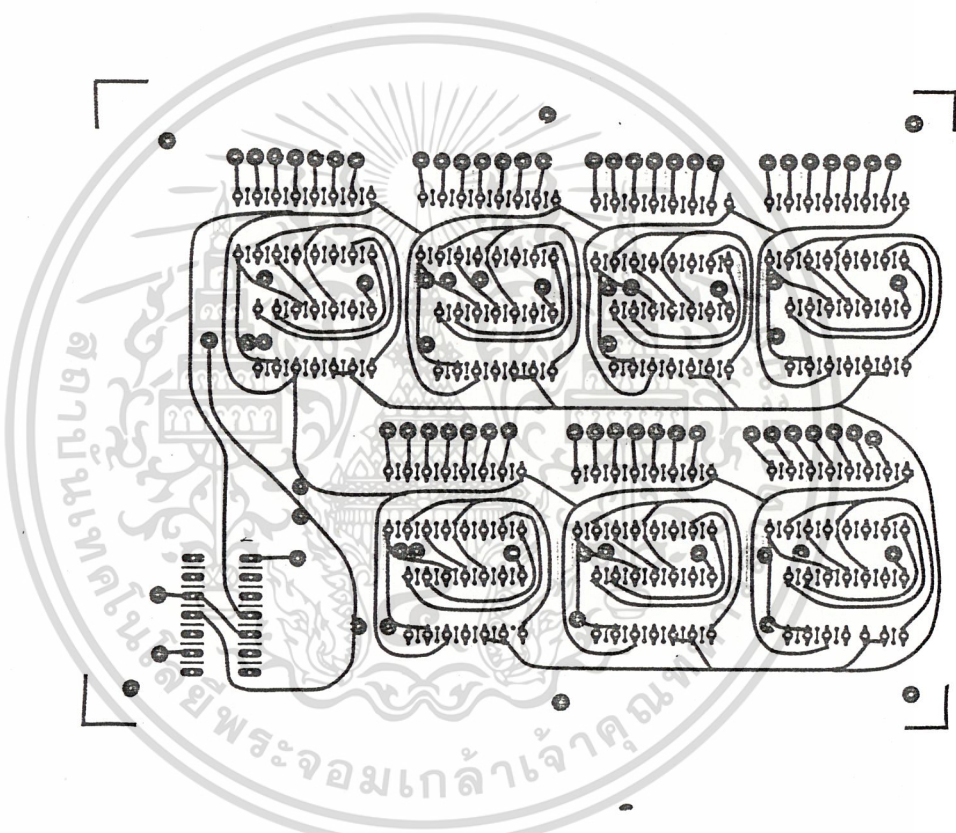
1. ถึงแม้ว่าผลการทดลองจะออกมาดีแต่ก็ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คือ ไม่สามารถที่จะทำการวัดของท่อที่สูงกว่า 12 นิ้วได้ เนื่องจากไม่สามารถขยายความกว้างของพัลส์ออกไปให้สูงกว่านี้ได้ ซึ่งจุดบกพร่องของวงจรนี้ยังไม่ดีผู้จัดทำหวังว่าถ้ามีโอกาสปรับปรุงแก้ไขวงจรส่วนนี้ ออกไปได้ก็อีกก็สามารถจะทำการวัดขนาดของท่อที่มากกว่า 12 นิ้วได้
2. ในส่วนของวงจรมันผลรวมของอัตราการไหลของน้ำจะทำการนับ เร็วเกินไปจะต้องทำการเช็คผลรวมอยู่เสมอไม่อย่างนั้นแล้วผลรวมจะย้อนกลับมานับ เริ่มที่ศูนย์ใหม่ทำให้ไม่สามารถอ่านค่าที่ถูกต้องได้ เพราะฉะนั้นจะต้องมีการปรับปรุงที่ส่วนนี้อีกคือทำให่วงจรนี้นับช้าลงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงลายวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง

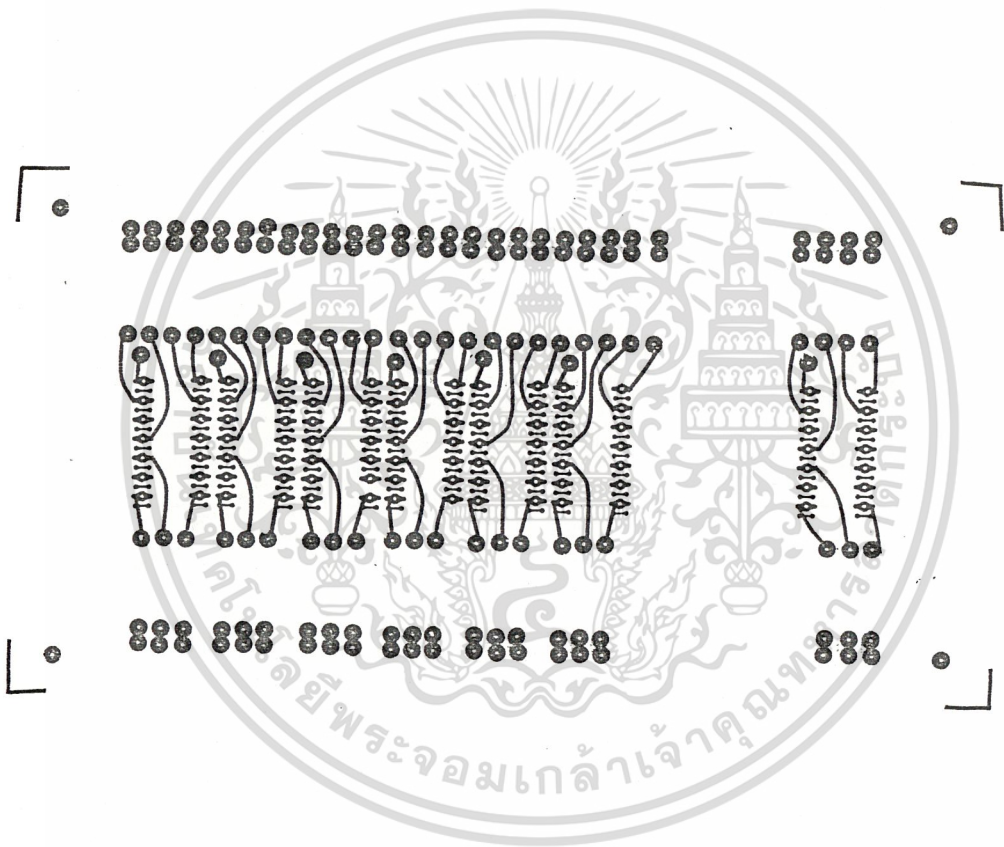


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



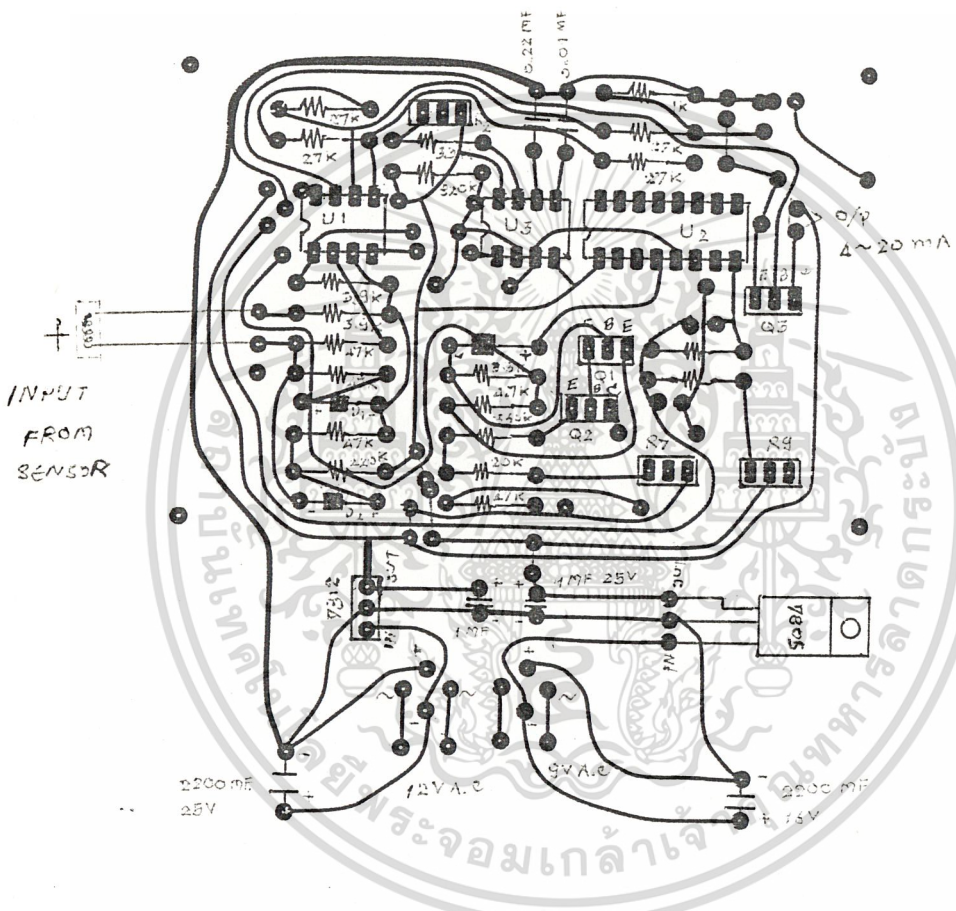
แสดงลายวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



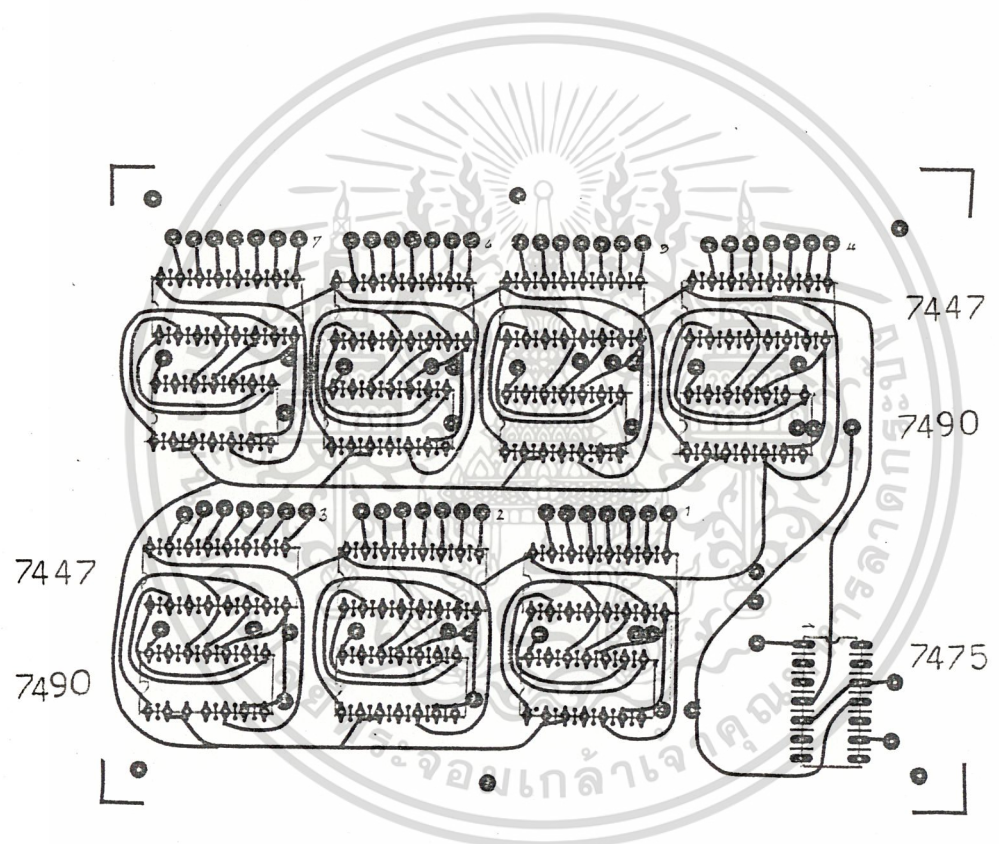
แสดงล่ายวงจรมิติขนาดเท่าของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



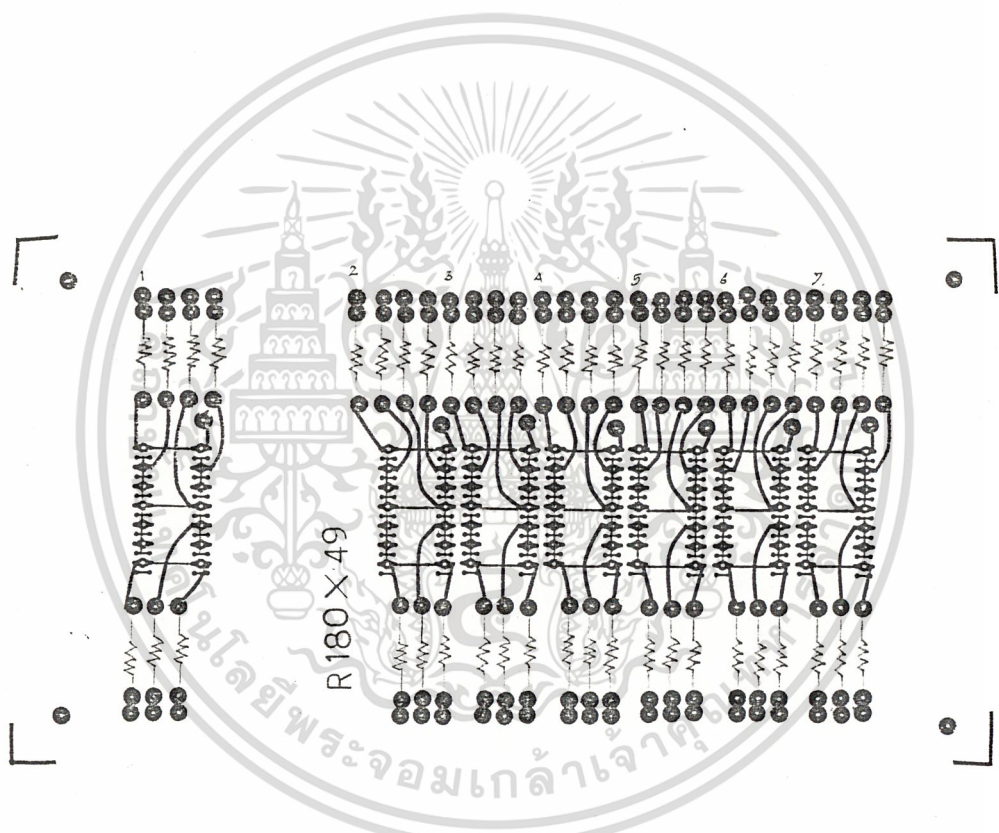
แสดงการลงอุปกรณ์และการเดินสายต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง การลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CALIBRATION CONSTANTS FOR PADDLEWHEEL FLOZENSORS

PART NUMBER#	PIPE SIZE" (INCH)	PIPE SCH	ACTUAL ID	K PULS/GAL	A GPH/HZ	T GPM/60HZ	FS GPM	J HZ	B HZ/GPM	Z	GALLON
CR1W025	2.50	40	2.464	19.953	3.007	180.1	300	99.8	0.3326	121.14	
CR1W030	3.00	40	3.068	12.684	4.730	283.8	500	105.7	0.2114	119.39	
CR1W040	4.00	40	4.026	7.195	8.339	500.3	800	95.9	0.1199	116.62	
CR1W050	5.00	40	5.047	5.632	10.653	639.2	1200	112.6	0.0939	143.47	
CR1W060	6.00	40	6.065	3.850	15.582	934.9	1800	115.5	0.0642	141.64	
CR1W080	8.00	40	7.981	2.186	27.145	1646.7	3000	109.3	0.0364	139.25	
CR1W100	10.00	40	10.020	1.370	43.787	2627.2	5000	114.2	0.0228	137.58	
CR1W120	12.00	40	11.940	0.957	62.687	3761.2	8000	127.6	0.0160	136.45	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ ธนิตย์ ศรีสุวรรณวัฒน์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์  
ที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ เรื่องนี้ และอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
ทุกท่านที่ได้ช่วยฯ ้งานนี้ดำเนินไปด้วยดี

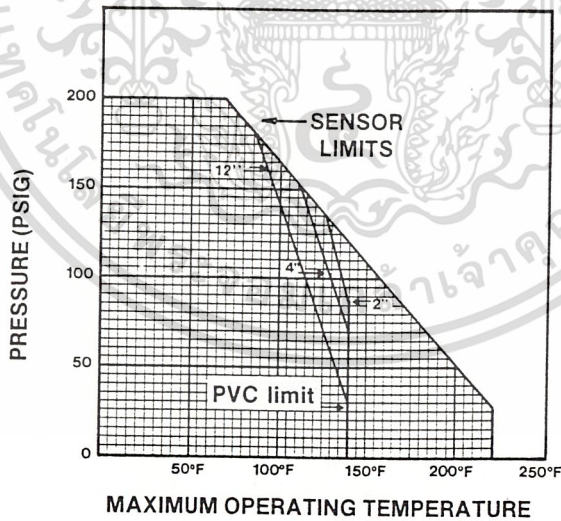
ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 SPECIFICATIONS

	MK 515	MK 415
Output Signal	1 V peak-to-peak per ft/sec.	0.44 V peak-to-peak per ft/sec.
Output Frequency	5-6 Hz per ft/sec.	4-5 Hz per ft/sec.
Source Impedance	8 kilohms	8 kilohms
Flow Rate Range	1 fps to 50 fps	1.5 fps to 50 fps
Linearity	± 1% over full range	± 1% over full range
Output Accuracy	± 1% over full range	± 1% of full range
Repeatability	± 0.5% of full range	± 0.5% of full range
Pressure Rating	200 psig max. @ 20°C (68°F) (see Figure 2); -P3, -P4, and -P5 versions rated @ 100 psig max.	200 psig max. @ 20°C (68°F) (see Figure 2)
Temperature Rating	105°C (220°F) max. @ 25 psig (see Figure 2)	105°C (220°F) max. @ 25 psig (see Figure 2)
Maximum % Solids	1% of fluid volume	10% of fluid volume
Bottom Diameter	1.05	1.36
Standard Cable Length	25 ft.	25 ft.



- NOTES: (1) Do not use flosensors in applications where pressure/temperature points are greater than values within the area of the curve. Special fittings may restrict these limits.
- (2) To calculate pressure (P) or temperature (T) for any point within the area of the curve,  

$$P = 281.7 - 1.167 T, \text{ therefore, } T = \frac{281.7 - P}{1.167}$$

Figure 2. Pressure/temperature limitations for Signet flosensor transducers. Note reduced curve for PVC fittings with 2-inch, 4-inch and 12-inch pipes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TTL  
MSI

**TYPES SN5490A, SN5492A, SN5493A, SN54L90, SN54L93,  
SN54LS90, SN54LS92, SN54LS93, SN7490A, SN7492A, SN7493A,  
SN74L90, SN74L93, SN74LS90, SN74LS92, SN74LS93  
DECADE, DIVIDE-BY-TWELVE, AND BINARY COUNTERS**

BULLETIN NO. DL-S 7611807, MARCH 1974—REVISED OCTOBER 1976

'90A, 'L90, 'LS90 . . . DECADE COUNTERS

'92A, 'LS92 . . . DIVIDE-BY-TWELVE  
COUNTERS

'93A, 'L93, 'LS93 . . . 4-BIT BINARY  
COUNTERS

SN54', SN54LS' . . . J OR W PACKAGE  
SN54L' . . . J OR T PACKAGE  
SN54', SN74L', SN74LS' . . . J OR N PACKAGE

TYPES	TYPICAL POWER DISSIPATION
'90A	145 mW
'L90	20 mW
'LS90	45 mW
'92A, '93A	130 mW
'LS92, 'LS93	45 mW
'L93	16 mW

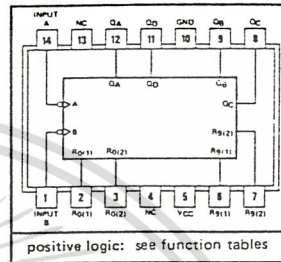
description

Each of these monolithic counters contains four master-slave flip-flops and additional gating to provide a divide-by-two counter and a three-stage binary counter for which the count cycle length is divide-by-five for the '90A, 'L90, and 'LS90, divide-by-six for the '92A and 'LS92, and divide-by-eight for the '93A, 'L93, and 'LS93.

All of these counters have a gated zero reset and the '90A, 'L90, and 'LS90 also have gated set-to-nine inputs for use in BCD nine's complement applications.

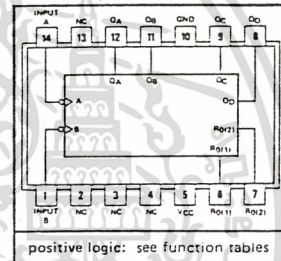
To use their maximum count length (decade, divide-by-twelve, or four-bit binary) of these counters, the B input is connected to the Q<sub>A</sub> output. The input count pulses are applied to input A and the outputs are as described in the appropriate function table. A symmetrical divide-by-ten count can be obtained from the '90A, 'L90, or 'LS90 counters by connecting the Q<sub>D</sub> output to the A input and applying the input count to the B input which gives a divide-by-ten square wave at output Q<sub>A</sub>.

'90A, 'L90, 'LS90 (TOP VIEW)



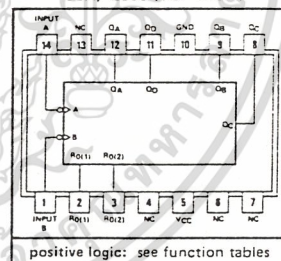
positive logic: see function tables

'92A, 'LS92, (TOP VIEW)



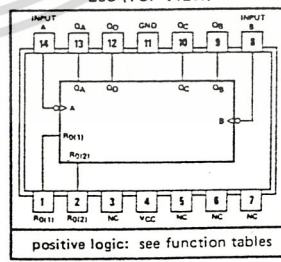
positive logic: see function tables

'93A, 'LS93 (TOP VIEW)



positive logic: see function tables

'L93 (TOP VIEW)



positive logic: see function tables

NC—No internal connection

TYPES SN5490A, '92A, '93A, SN54L90, 'L93, SN54LS90, 'LS92, 'LS93, SN7490A, '92A, '93A, SN74L90, 'L93, SN74LS90, 'LS92, 'LS93 DECADE, DIVIDE-BY-TWELVE, AND BINARY COUNTERS

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

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
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

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

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>A</sub>	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>
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

'92A, 'LS92  
COUNT SEQUENCE  
(See Note C)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
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	H	L	L	L
7	H	L	L	H
8	H	L	H	L
9	H	L	H	H
10	H	H	L	L
11	H	H	L	H

'93A, 'L93, 'LS93  
COUNT SEQUENCE  
(See Note C)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
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
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

'90A, 'L90, 'LS90  
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

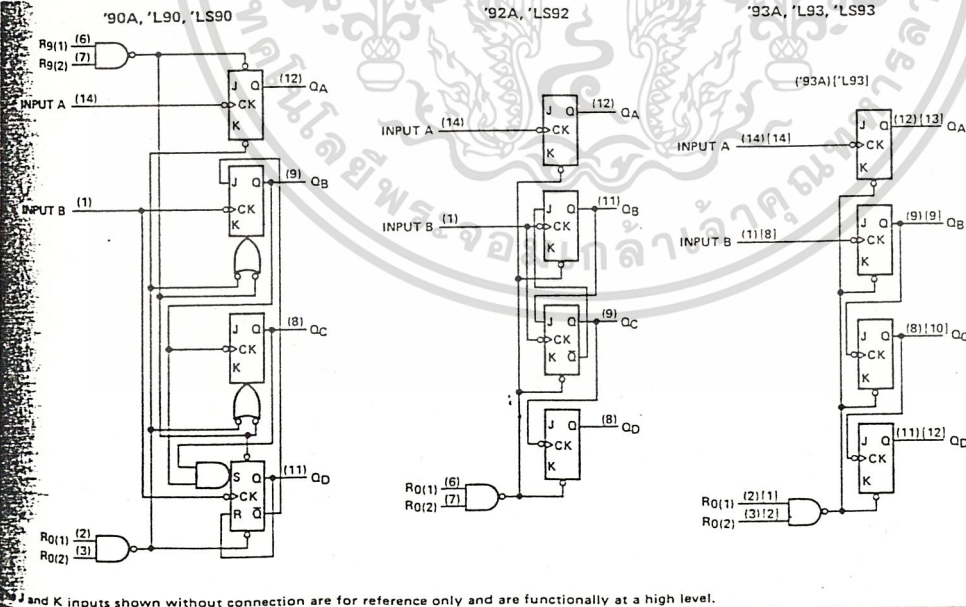
RESET INPUTS				OUTPUT			
R <sub>0</sub> (1)	R <sub>0</sub> (2)	R <sub>9</sub> (1)	R <sub>9</sub> (2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

'92A, 'LS92, '93A, 'L93, 'LS93  
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS		OUTPUT			
R <sub>0</sub> (1)	R <sub>0</sub> (2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	L	L	L
L	X	COUNT			
X	L	COUNT			

- NOTES: A. Output Q<sub>A</sub> is connected to input B for BCD count.  
 B. Output Q<sub>D</sub> is connected to input A for bi-quinary count.  
 C. Output Q<sub>A</sub> is connected to input B.  
 D. H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional block diagrams



J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TYPES SN5490A, SN5492A, SN5493A, SN7490A, SN7492A, SN7493A DECADE, DIVIDE-BY-TWELVE, AND BINARY COUNTERS

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Interemitter voltage (see Note 2)	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN5490A, SN5492A, SN5493A	-55°C to 125°C
SN7490A, SN7492A, SN7493A	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTES: 1. Voltage values, except interemitter voltage, are with respect to network ground terminal.  
2. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For these circuits, this rating applies between the two  $R_0$  inputs, and for the '90A circuit, it also applies between the two  $R_0$  inputs.

### recommended operating conditions

	SN5490A, SN5492A SN5493A			SN7490A, SN7492A SN7493A			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, $I_{OH}$	-800			-800			$\mu$ A
Low-level output current, $I_{OL}$	16			16			mA
Count frequency, $f_{COUNT}$ (see Figure 1)	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					ns
Reset inactive-state setup time, $t_{SU}$	25		25	25			ns
Operating free-air temperature, $T_A$	-55	125	0	70			°C

### Electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

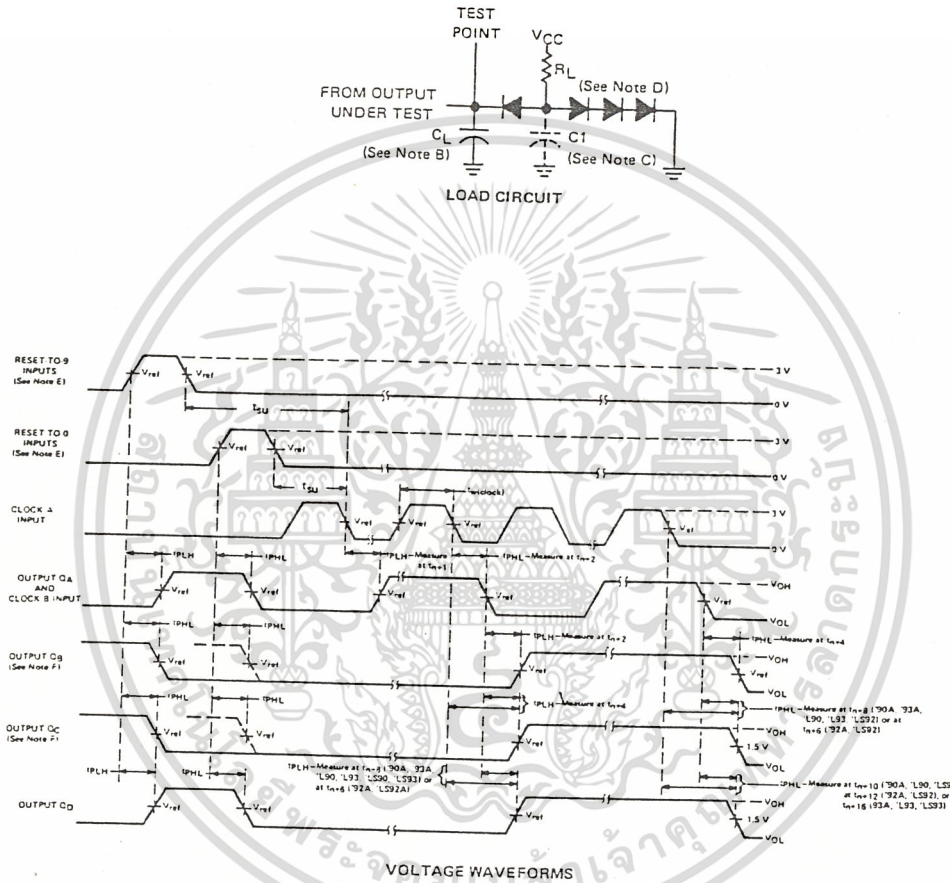
PARAMETER	TEST CONDITIONS†	'90A			'92A			'93A			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
$V_{IH}$ High-level input voltage		2			2			2			V
$V_{IL}$ Low-level input voltage				0.8			0.8			0.8	V
$V_{IK}$ Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5			-1.5			-1.5	V
$V_{OH}$ High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OH} = -800 \mu\text{A}$	2.4	3.4		2.4	3.4		2.4	3.4		V
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, V_{IH} = 2 \text{ V}, V_{IL} = 0.8 \text{ V}, I_{OL} = 16 \text{ mA}^\S$		0.2	0.4		0.2	0.4		0.2	0.4	V
$I_{IH}$ Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1			1	mA
$I_{IH}$ High-level input current	Any reset			40			40			40	$\mu$ A
	A input	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 2.4 \text{ V}$		80			80			80	
	B input			120			120			80	
$I_{IL}$ Low-level input current	Any reset			-1.6			-1.6			-1.6	mA
	A input	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0.4 \text{ V}$		-3.2			-3.2			-3.2	
	B input			-4.8			-4.8			-3.2	
$I_{OS}$ Short-circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX}$	SN54'	-20	-57	-20	-57	-20	-57			mA
		SN74'	-18	-57	-18	-57	-18	-57			
$I_{CC}$ Supply current	$V_{CC} = \text{MAX}, \text{ See Note 3}$		29	42		26	39		26	39	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
‡ All typical values are at  $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ .  
§ Not more than one output should be shorted at a time.  
¶ QA outputs are tested at  $I_{OL} = 16 \text{ mA}$  plus the limit value for  $I_{IL}$  for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.  
NOTE 3:  $I_{CC}$  is measured with all outputs open, both  $R_0$  inputs grounded following momentary connection to 4.5 V, and all other inputs grounded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TYPES SN5490A, SN5492A, SN5493A, SN54L90, SN54L93,  
SN54LS90, SN54LS92, SN54LS93, SN7490A, SN7492A, SN7493A,  
SN74L90, SN74L93, SN74LS90, SN74LS92, SN74LS93  
DECADE, DIVIDE-BY-TWELVE, AND BINARY COUNTERS**

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**



- NOTES:**
- A. Input pulses are supplied by a generator having the following characteristics:  
for '90A, '92A, '93A,  $t_r < 5$  ns,  $t_f < 5$  ns, PRR = 1 MHz, duty cycle = 50%,  $Z_{out} \approx 50$  ohms;  
for 'L90, 'L93,  $t_r < 15$  ns,  $t_f < 15$  ns, PRR = 500 kHz, duty cycle = 50%,  $Z_{out} \approx 50$  ohms;  
for 'LS90, 'LS92, 'LS93,  $t_r < 15$  ns,  $t_f < 5$  ns, PRR = 1 MHz, duty cycle = 50%,  $Z_{out} \approx 50$  ohms.
  - B.  $C_L$  includes probe and jig capacitance.
  - C. C1 (30 pF) is applicable for testing 'L90 and 'L93.
  - D. All diodes are 1N916 or 1N3064.
  - E. Each reset input is tested separately with the other reset at 4.5 V.
  - F. Reference waveforms are shown with dashed lines.
  - G. For '90A, '92A, and '93A:  $V_{ref} = 1.5$  V. For 'L90, 'L93, 'LS90, 'LS92, and 'LS93:  $V_{ref} = 1.3$  V.

FIGURE 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

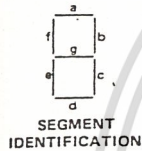
## TYPES SN5446A, '47A, '48, '49, SN54L46, 'L47, SN54LS47, 'LS48, 'LS49, SN7446A, '47A, '48, SN74L46, 'L47, SN74LS47, 'LS48, 'LS49 BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS

**Description**

The '46A, 'L46, '47A, 'L47, and 'LS47 feature active-low outputs designed for driving common-anode VLEDs or incandescent indicators directly, and the '48, '49, 'LS48, 'LS49 feature active-high outputs for driving lamp buffers or common-cathode VLEDs. All of the circuits except '49 and 'LS49 have full ripple-blanking input/output controls and a lamp test input. The '49 and 'LS49 circuits incorporate a direct blanking input. Segment identification and resultant displays are shown below. Display patterns for BCD input counts above 9 are unique symbols to authenticate input conditions.

The '46A, '47A, '48, 'L46, 'L47, 'LS47, and 'LS48 circuits incorporate automatic leading and/or trailing-edge zero-blanking control (RBI and RBO). Lamp test (LT) of these types may be performed at any time when the BI/RBO node is at a high level. All types (including the '49 and 'LS49) contain an overriding blanking input (BI) which can be used to control the lamp intensity by pulsing or to inhibit the outputs. Inputs and outputs are entirely compatible for use with TTL or DTL logic outputs.

The SN54246/SN74246 through '249 and the SN54LS247/SN74LS247 through 'LS249 compose the  $\bar{5}$  and the  $\bar{9}$  with tails and have been designed to offer the designer a choice between two indicator fonts. The SN54249/SN74249 and SN54LS249/SN74LS249 are 16-pin versions of the 14-pin SN5449 and 'LS49. Included in the '249 circuit and 'LS249 circuits are the full functional capability for lamp test and ripple blanking, which is not available in the '49 or 'LS49 circuit.



'46A, '47A, 'L46, 'L47, 'LS47 FUNCTION TABLE

DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS						BI/RBO†	OUTPUTS							NOTE
	LT	RBI	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	H	L	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	
1	H	X	L	L	L	H	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
2	H	X	L	L	H	L	H	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	
3	H	X	L	L	H	H	H	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	
4	H	X	L	H	L	L	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
5	H	X	L	H	L	H	H	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	
6	H	X	L	H	H	L	H	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	
7	H	X	L	H	H	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
8	H	X	H	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	
9	H	X	H	L	L	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
10	H	X	H	L	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON	
11	H	X	H	L	H	H	H	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	
12	H	X	H	H	L	L	H	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	
13	H	X	H	H	L	H	H	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	
14	H	X	H	H	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	
15	H	X	H	H	H	H	H	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
BI	X	X	X	X	X	X	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	2
RBI	H	L	L	L	L	L	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	3
LT	L	X	X	X	X	X	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	4

† H = high level, L = low level, X = irrelevant

- NOTES:
- The blanking input (BI) must be open or held at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired. The ripple-blanking input (RBI) must be open or high if blanking of a decimal zero is not desired.
  - When a low logic level is applied directly to the blanking input (BI), all segment outputs are off regardless of the level of any other input.
  - When ripple-blanking input (RBI) and inputs A, B, C, and D are at a low level with the lamp test input high, all segment outputs go off and the ripple-blanking output (RBO) goes to a low level (response condition).
  - When the blanking input/ripple blanking output (BI/RBO) is open or held high and a low is applied to the lamp-test input, all segment outputs are on.

† BI/RBO is wire-AND logic serving as blanking input (BI) and/or ripple-blanking output (RBO).

**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

7-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES SN5446A, '47A, '48, '49, SN54L46, 'L47, SN54LS47, 'LS48, 'LS49, SN7446A, '47A, '48, SN74L46, 'L47, SN74LS47, 'LS48, 'LS49  
BCD-TO-SEVEN-SEGMENT DECODERS/DRIVERS

BULLETIN NO. DL-S 7611811, MARCH 1974—REVISED OCTOBER 1976

'46A, '47A, 'L46, 'L47, 'LS47  
feature

'48, 'LS48  
feature

'49, 'LS49  
feature

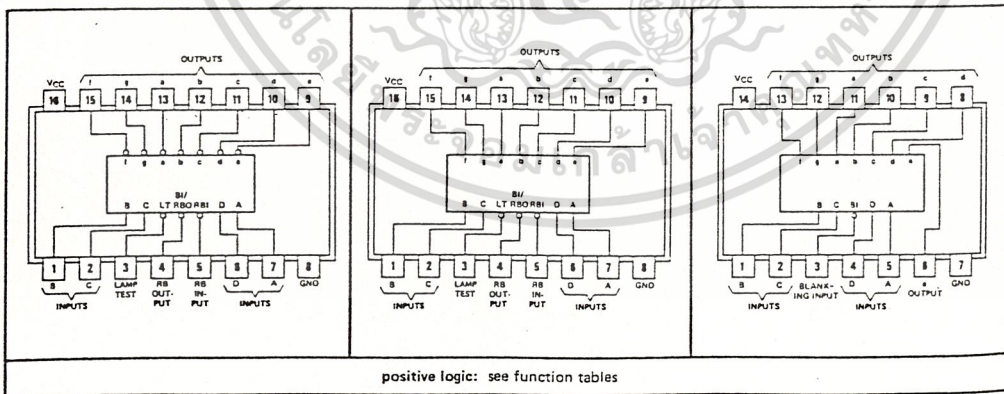
- Open-Collector Outputs Drive Indicators Directly
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression
- Internal Pull-Ups Eliminate Need for External Resistors
- Lamp-Test Provision
- Leading/Trailing Zero Suppression
- Open-Collector Outputs
- Blanking Input
- All Circuit Types Feature Lamp Intensity Modulation Capability

TYPE	DRIVER OUTPUTS				TYPICAL POWER DISSIPATION	PACKAGES
	ACTIVE LEVEL	OUTPUT CONFIGURATION	SINK CURRENT	MAX VOLTAGE		
SN5446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	J, W
SN5447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	J, W
SN5448	high	2-k $\Omega$ pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J, W
SN5449	high	open-collector	10 mA	5.5 V	165 mW	W
SN54L46	low	open-collector	20 mA	30 V	160 mW	J
SN54L47	low	open-collector	20 mA	15 V	160 mW	J
SN54LS47	low	open-collector	12 mA	15 V	35 mW	J, W
SN54LS48	high	2-k $\Omega$ pull-up	2 mA	5.5 V	125 mW	J, W
SN54LS49	high	open-collector	4 mA	5.5 V	40 mW	J, W
SN7446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	J, N
SN7447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	J, N
SN7448	high	2-k $\Omega$ pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J, N
SN74L46	low	open-collector	20 mA	30 V	160 mW	J, N
SN74L47	low	open-collector	20 mA	15 V	160 mW	J, N
SN74LS47	low	open-collector	24 mA	15 V	35 mW	J, N
SN74LS48	high	2-k $\Omega$ pull-up	6 mA	5.5 V	125 mW	J, N
SN74LS49	high	open-collector	8 mA	5.5 V	40 mW	J, N

'46A, '47A, 'L46, 'L47, 'LS47  
(TOP VIEW)

'48, 'LS48  
(TOP VIEW)

'49, 'LS49  
(TOP VIEW)



TEXAS INSTRUMENTS  
INCORPORATED  
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. INTRODUCTION TO DIGITAL COMPUTER TECHNOLOGY : SECOND EDITION (1977), LOUIS NASHESKY
2. ELECTRONIC DIVICES AND CIRCUIT THEORY : THIRD EDITION, LOUIS NASHESKY AND ROBERT BOYLESTAD
3. FLOW INSTRUMENTATION OF THE SIGNET
4. ทฤษฎีและการใช้งาน อิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 3 . ของยืน ภู่วรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00750