หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

# บทที่ ๓

## การออกแบบวงจรเครื่องวัดความเร็วรอบต่อนาทีปรากฏเป็นตัวเลข

จากผังงานและหลักการทำงานที่กล่าวมาแล้ว จะออกแบบวงจรเป็นภาค (Part) และหน่วย (Unit) ดังต่อไปนี้

ภาคนับและแสดงผล (Counter and Display Part)

ภาคนี้ประกอบไปด้วยหน่วยต่าง ๆ ๕ หน่วย ซึ่งจะได้กล่าวเรียงตามลำดับ ดังต่อไปนี้

๑. หน่วยรับสัญญาณ (Receiver Unit) มีหน้าที่รับสัญญาณแสงที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อนแสงที่ติดอยู่บนส่วนหมุนของเครื่องจักรกลใด ๆ แปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในลักษณะของโวลเตจพัลส์ (สัญญาณนี้จะถูกส่งไปให้หน่วยนับสัญญาณทันที) ในหน่วยรับสัญญาณ มีอุปกรณ์ที่ใช้คือ

๑.๑ โฟโตรีซีสเตอร์

๑.๒ ทรานซิสเตอร์ หมายเลข 2N 4403

๑.๓ รีโอสตัต (Rheostat) ขนาด ๑ กิโลโอห์ม

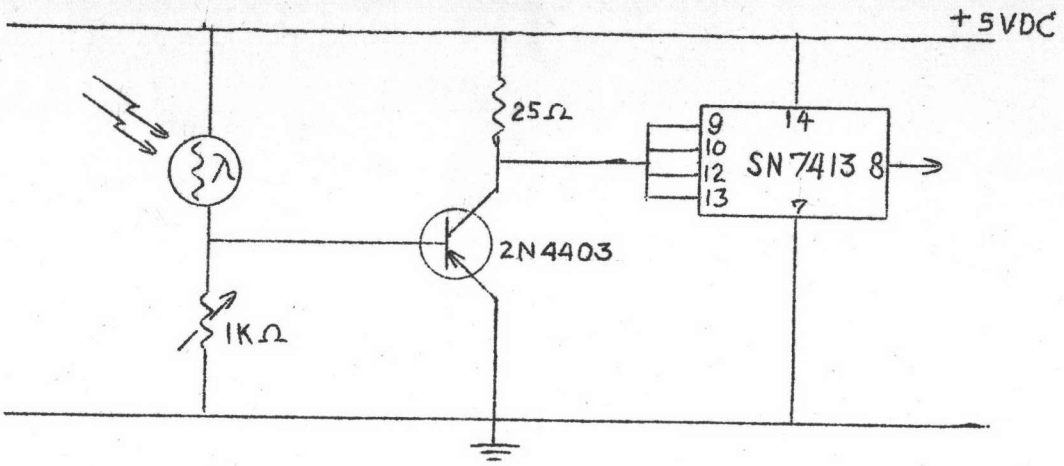
๑.๔ ความต้านทานขนาด ๒๕ โอห์ม

๑.๕ ไอ.ซี. หมายเลข SN 7413

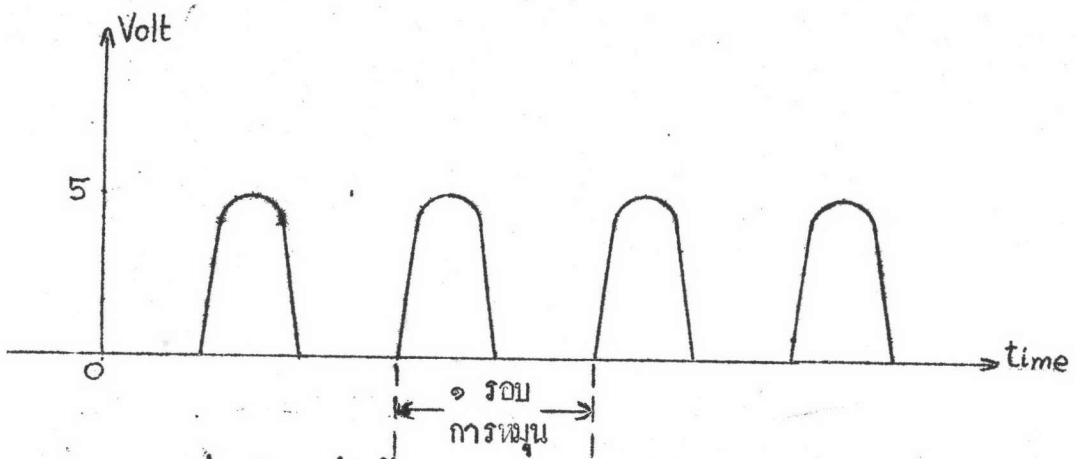
อุปกรณ์เหล่านี้ประกอบเป็นวงจรดังรูปที่ ๒

โฟโตรีซีสเตอร์มีความต้านทาน ๒๕๐ โอห์ม – ๑ เม็กกะโอห์ม และจะมีความต้านทานสูงมาก เมื่อไม่มีแสงส่างส่องมายังโฟโตรีซีสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน เนื่องจากไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลมายัง Base ของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีแสงส่องมายังโฟโตรีซีสเตอร์ ทำให้ความต้านทานของโฟโตรีซีสเตอร์ลดลงอย่างรวดเร็ว และจะมีกระแสไฟฟ้าไหลมายัง Base ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีค่าเป็นลบเมื่อเทียบกับ Emitter ดังนั้น ทรานซิสเตอร์จึงให้เอ้าพุทออกมาทาง Collector ประมาณ +5 VDC และจากสัญญาณแสงสะท้อนที่รับได้ จะให้เอ้าพุทเป็นโวลเตจพัลส์ ดังรูปที่ ๓

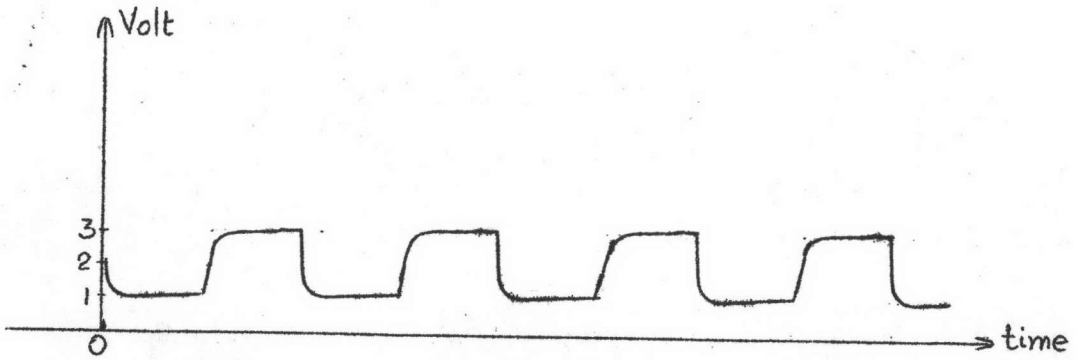
โวลเตจพัลส์ที่ออกจากวงจรโฟโตรีซีสเตอร์จะถูกแปลงให้เป็นสแควร์เวฟ (Square Wave) โดยให้ผ่านวงจรชมิตทริกเกอร์ (Schmitt Trigger) ซึ่งในที่นี้ใช้ ไอ.ซี. หมายเลข SN 7413 จะได้รูปสัญญาณเปลี่ยนไปดังรูปที่ ๔ ซึ่งจะทำให้การนับสัญญาณทำได้ดียิ่งขึ้น




รูปที่ ๒ วงจรโฟโตทรานซิสเตอร์กับชมิตทริกเกอร์




รูปที่ ๓ รูปคลื่นเอาพุทของโฟโตรีซีสเตอร์




รูปที่ ๔ สัญญาณเอาพุทจากชมิตทริกเกอร์

---

รูปที่ ๒, ๓ และ ๔ จาก ADTECH MODEL 40R CARD READER
ADTECH INC., MONOLULU HAWAII

๒. หน่วยนับสัญญาณ (Counter Unit) ทำหน้าที่นับพัลส์สัญญาณที่ส่งจากหน่วยรับสัญญาณ โดยนับเป็นจำนวนเลขในระบบ บี.ซี.ดี. โดยใช้ ไอ.ซี.หมายเลข SN 7490 จำนวน ๔ ตัวเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ซึ่งจะปรากฏที่หน่วยแสดงผลใน แอล.อี.ดี.ซนิดเจ็ดเซ็กเม้นท์ เป็นเลขระบบฐานสิบ จำนวน ๔ หลัก ตั้งแต่ ๐๐๐๐ ถึง ๙๙๙๙

แต่เนื่องจากปัญหาของการที่จะแสดงผลการนับสัญญาณในเวลา ๑ นาที เป็นช่วงเวลาที่นานเกินไป จึงต้องพิจารณาช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ที่เหมาะสมซึ่งสามารถแสดงคำตอบเป็นความเร็วรอบต่อนาทีออกมาได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ นั้น ในที่นี้ พิจารณาเวลา ๓ วินาที เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ดังกล่าว ซึ่งภาคนับและแสดงผล สามารถแสดงผลออกมาเป็นจำนวนรอบต่อนาทีได้ โดยจะต้องใช้ ๒๐ คูณผลลัพธ์ที่นับใน ๓ วินาที มาเป็นคำตอบ

ช่วงเวลา ๓ วินาที สามารถสร้างได้ในภาคเวลาซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

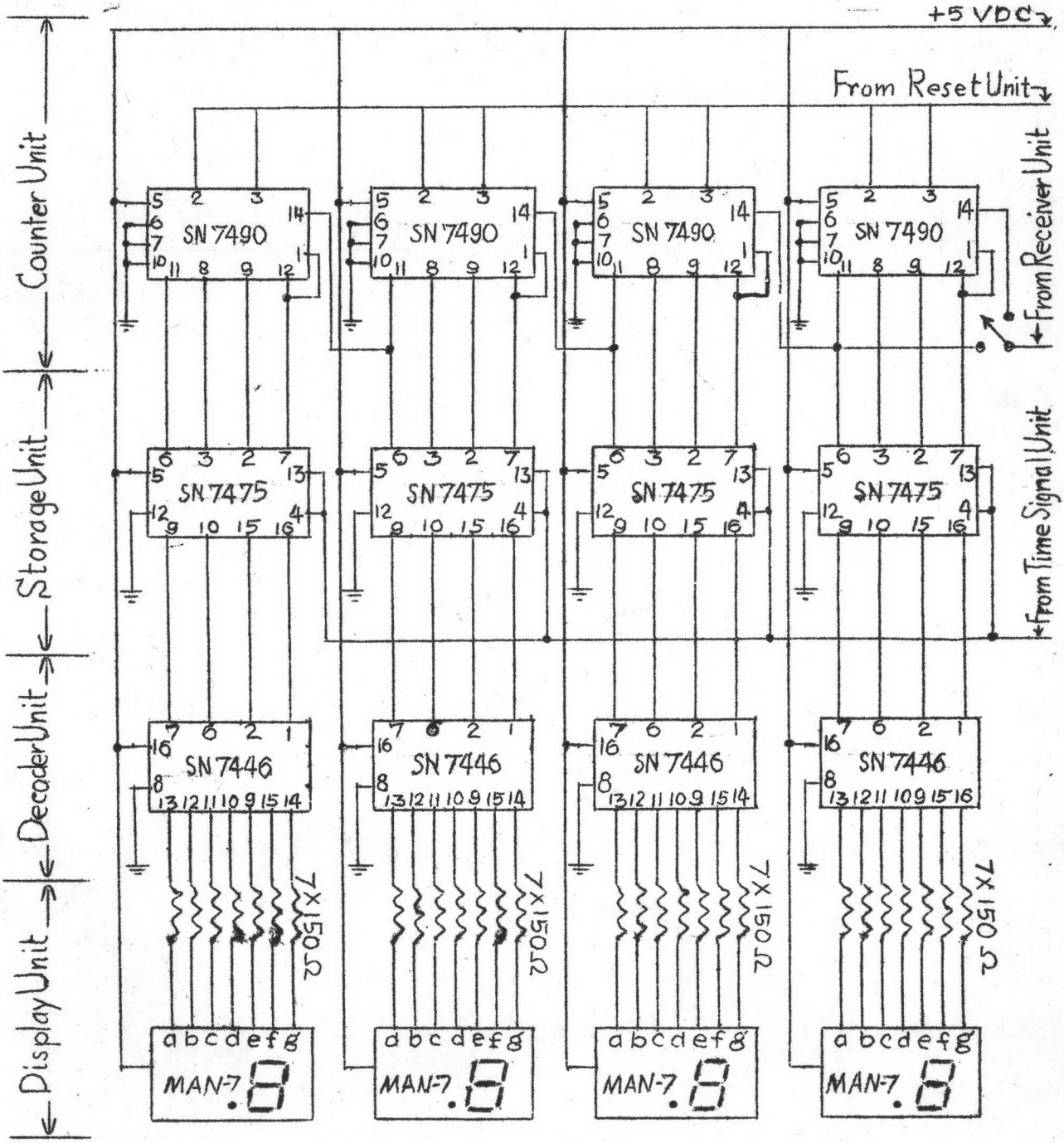
การคูณด้วย ๒๐ คำตอบจะได้เลขหลักหน่วยเป็น ๐ จึงต่อสวิตช์ให้รับสัญญาณไว้ ๒ ทาง ตามรูปที่ ๕ ในหน่วยนับสัญญาณ ดังนี้

ทางที่หนึ่งเมื่อต้องการนับสัญญาณในช่วงเวลาที่เกินกว่า ๓ วินาที ให้เลื่อนสวิตช์ให้พัลส์สัญญาณ เข้าที่ ไอ.ซี. หมายเลข SN 7490 ตัวที่นับสัญญาณเป็นหลักหน่วย (ตัวขวาสุดในวงจร)

ทางที่สอง เมื่อต้องการนับสัญญาณให้ทราบผลภายใน ๓ วินาที ให้เลื่อนสวิตช์ให้พัลส์สัญญาณเข้าที่ ไอ.ซี.หมายเลข SN 7490 ตัวที่นับสัญญาณเป็นหลักสิบ สำหรับ ไอ.ซี.หมายเลข SN 7490 ตัวที่นับสัญญาณเป็นหลักหน่วยที่จะนับสัญญาณเป็นศูนย์ตลอดเวลา สัญญาณที่เข้ามาจึงเหมือนกับถูกคูณด้วยสิบ ทำให้สัญญาณที่หน่วยแสดงผลจะปรากฏเป็น ๑๐ เท่าของ ๓ วินาที หรือเป็นความเร็วรอบใน ๓๐ วินาที จึงต้องคูณสัญญาณ ที่ได้นั้นด้วย ๒ อีกครั้งหนึ่ง เพื่อจะได้ตัวเลขเป็นความเร็วรอบใน ๖๐ วินาที กระทำได้โดยติดแถบสะท้อนแสง ๒ แถบไว้ที่ส่วนหมุนของเครื่องจักรกลที่ต้องการวัดความเร็วรอบนั้น ฉะนั้น ใน ๑ รอบ ก็จะนับเป็น ๒ รอบ ค่าที่ได้จริงจึงเป็นความเร็วรอบต่อนาทีตามต้องการ

๓. หน่วยสะสมสัญญาณ (Storage Unit) ทำหน้าที่เก็บสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งเป็นเลขระบบ บี.ซี.ดี.จากหน่วยนับสัญญาณมาสะสมไว้จนถึงเวลาที่ต้องการ (๓ วินาที, ๓๐ วินาที, ๖๐ วินาที หรือ ๑ นาที ตามต้องการ) ซึ่งเมื่อถึงเวลาดังกล่าวจะมีสัญญาณไฟฟ้าจากภาคเวลาส่งเข้ามา สัญญาณที่สะสมไว้จึงจะถูกส่งผ่านหน่วยแปลงสัญญาณไปแสดงผลที่หน่วยแสดงผล ถ้าไม่มีหน่วยสะสมสัญญาณตัวเลขที่หน่วยแสดงผล จะกระพริบตลอดเวลา ตามความเร็วรอบของเครื่องจักรที่นับสัญญาณเข้ามาตลอดเวลา

หน่วยนี้ใช้ ไอ.ซี.หมายเลข SN 7475 จำนวน ๔ ตัว ต่อเป็นวงจรดังรูปที่ ๕




รูปที่ ๕ วงจรภาคนับและแสดงผล

๔. <u>หน่วยแปลงสัญญาณ</u> (Decoder Unit) จะแปลงสัญญาณ บี.ซี.ดี.จากหน่วยสะสมสัญญาณ เป็นสัญญาณไฟฟ้าของตัวเลขต่าง ๆ ในระบบฐานสิบตามมาตรฐานของ แอล.อี.ดี.ชนิด ๗ เซ็กเม้นส์

หน่วยนี้ใช้ ไอ.ซี.หมายเลข SN 7446 จำนวน ๔ ตัว ต่อเป็นวงจรดังรูปที่ ๕

๕. <u>หน่วยแสดงผล</u> (Display Unit) ใช้ แอล.อี.ดี.ชนิด ๗ เซ็กเม้นส์ ๔ ตัว เป็นตัวรับสัญญาณที่แปลงแล้วจากหน่วยแปลงสัญญาณ มาปรากฏเป็นตัวเลขระบบฐานสิบ

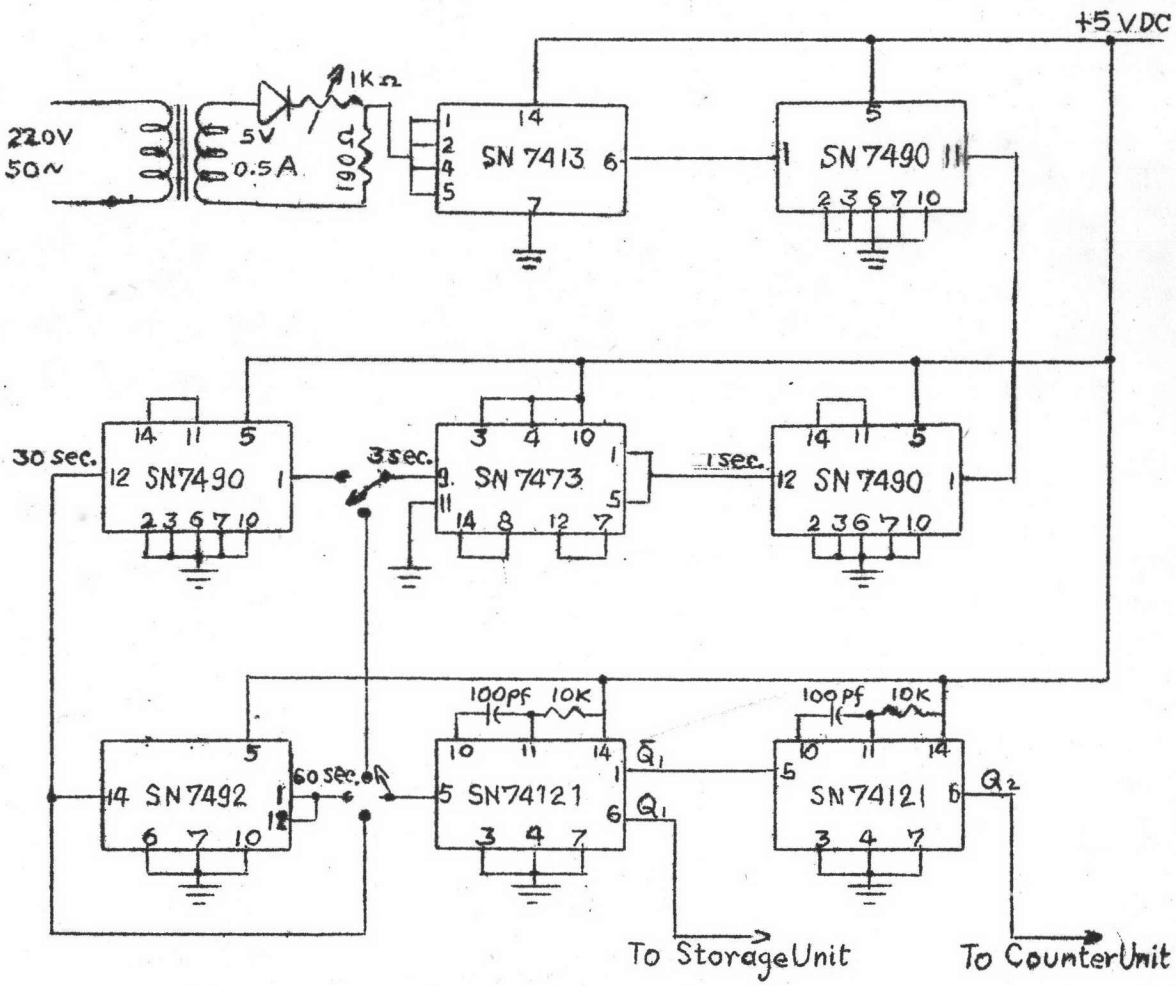
แอล.อี.ดี.ชนิด ๗ เซ็กเม้นส์ที่ใช้ ณ ที่นี้ เป็นหมายเลข MAN-7 ใช้ความต้านทานขนาด ๑๕๐ โอห์มต่ออนุกรมจากหน่วยแปลงสัญญาณมาเข้าเซ็กเม้นส์ทั้ง ๗ ของ แอล.อี.ดี.รวม ๒๘ ตัว ดังแสดงในรูปที่ ๕

ภาคนับและแสดงผล ซึ่งแสดงเป็นวงจรตามรูปที่ ๕ สามารถนับและแสดงผลได้ตามต้องการ ตัวเลขจะสะสมและปรากฏออกมาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบ ๙๙๙๙ แล้วจึงจะกลับเป็น ๐๐๐๐ ใหม่ หรือจะกลับเป็น ๐๐๐๐ ใหม่ เมื่อตัดไฟบวกที่เลี้ยงวงจรนับออกก็ได้ วิธีการดังกล่าวมิใช่สิ่งที่ต้องการ สิ่งที่ต้องการคือจะต้องสร้างสัญญาณเวลา มาป้อนให้หน่วยนับสัญญาณ หยุดนับแล้วให้หน่วยแสดงผล แสดงตัวเลขที่นับได้ให้ปรากฏออกมาตามเวลาที่ต้องการ

<u>ภาคเวลา</u> (Timing Part)

ภาคนี้มีหน้าที่สร้างสัญญาณเวลา เพื่อจับเวลาให้ภาคนับและแสดงผล กล่าวคือเมื่อมีการนับสัญญาณจนถึงเวลาที่กำหนด จะมีสัญญาณเวลาจากภาคเวลา ให้หน่วยสะสมสัญญาณส่งผลที่นับสะสมไว้ไปแสดงผล กับให้หน่วยนับสัญญาณนับสัญญาณเป็นศูนย์ และพร้อมที่จะนับสัญญาณชุดต่อไป ภาคเวลาแบ่งออกเป็นหน่วยต่าง ๆ ๒ หน่วย ดังนี้

<u>หน่วยเวลาอ้างอิง</u> (Referent Time Unit) มีหน้าที่สร้างสัญญาณเวลาอ้างอิงขึ้น ๑ ชุด หรือหลายชุด ในที่นี้สร้างไว้ ๓ ชุดคือ ๓ วินาที, ๓๐ วินาที และ ๑ นาที เพื่อใช้ในจุดมุ่งหมายต่าง ๆ กัน มีวงจรที่ใช้แสดงในรูปที่ ๖




รูปที่ ๖ วงจรภาคเวลา

การทำงานตามผังงานและวงจร มีดังนี้

๑. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ ๒๒๐ โวลท์ ๕๐ เฮิรตซ์เป็น ๕ โวลท์ ๕๐ เฮิรตซ์โดยทรานส์ฟอร์มเมอร์

๒. ผ่านไฟฟ้ากระแสสลับ ๕ โวลท์ ๕๐ เฮิรตซ์เข้าวงจร ได้เป็น Pulsating DC

๓. ผ่าน Pulsating DC เข้าชมิตทริกเกอร์ เพื่อแปลงรูปเป็นสแควร์เวฟ

๔. หารความถี่ ๕๐ เฮิรตซ์ด้วย ๕ โดยผ่าน ไอ.ซี.หมายเลข SN 7490 เหลือความถี่ ๑๐ เฮิรตซ์ หรือเท่ากับช่วงเวลา ๑/๑๐ วินาที

๕. หารความถี่ ๑๐ เฮิรตซ์ด้วย ๑๐ โดยผ่าน ไอ.ซี.หมายเลข SN 7490 เหลือความถี่ ๑ เฮิรตซ์ หรือเท่ากับช่วงเวลา ๑ วินาที

๖. จากความถี่ ๑ เฮิรตซ์ หารความถี่นี้ด้วย ๓ โดยผ่าน ไอ.ซี.หมายเลข SN 7473 เหลือความถี่ ๑/๓ เฮิรตซ์ หรือเท่ากับช่วงเวลา ๓ วินาที

๗. จากความถี่ ๓ วินาที มีวิธีเลือกทางเดินของสัญญาณ ๒ ทาง

ทางที่หนึ่งให้ช่วงเวลา ๓ วินาที ไปหน่วยสัญญาณเวลา เพื่อส่งสัญญาณเวลาให้ภาคนับและแสดงผลหยุดการนับแล้วแสดงผลออกมาเป็นค่าความเร็วรอบต่อนาทีภายใน ๓ วินาที

ทางที่สอง นำความถี่ ๓ เฮิรตซ์ไปหารด้วย ๑๐ โดยผ่าน ไอ.ซี.หมายเลข เพื่อให้ได้ช่วงเวลา ๓๐ วินาที

๘. จากข้อ ๗ ความถี่ ๑/๓๐ เฮิรตซ์ จะถูกหารด้วย ๒ เพื่อทำให้เป็น ๑/๖๐ เฮิรตซ์ หรือเท่ากับช่วงเวลา ๖๐ วินาที หรือ ๑ นาที โดยการผ่านเข้าไปใน ไอ.ซี.หมายเลข SN 7492

๙. จากช่วงเวลา ๓๐ วินาที และ ๑ นาที สามารถแยกส่งไปให้หน่วยสัญญาณเวลาให้สร้างสัญญาณเวลาให้ภาคนับและแสดงผล ทำงานในช่วงเวลาดังกล่าวได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะให้มีการแสดงผลในช่วงเวลาใด

<u>หน่วยสัญญาณเวลาและรีเซ็ท</u> (Time Signal and Reset Unit)
หน่วยนี้มีหน้าที่สร้างสัญญาณขึ้นตามช่วงเวลาที่สร้างขึ้นในหน่วยเวลาอ้างอิง ใช้ ไอ.ซี.หมายเลข SN 74121 จำนวน ๒ ตัว ต่อเป็นวงจรดังรูปที่ ๖ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นส่วนตามหน้าที่ได้ ๒ ส่วนดังนี้

๑. <u>ส่วนสร้างสัญญาณเวลา</u> ส่วนนี้จะสร้างพัลส์ของสัญญาณทุก ๆ ต้นพัลส์ของสัญญาณที่สร้างในหน่วยเวลาอ้างอิง ซึ่งอาจจะเป็น ๓ วินาที, ๓๐ วินาที, หรือ ๑ นาทีแล้วแต่ความต้องการที่ที่จะใช้ ดังแสดงในรูปที่ ๗.๑ และรูปที่ ๗.๒ สัญญาณนี้จะถูกส่งให้หน่วยสะสมสัญญาณในภาคนับและแสดงผล เพื่อให้ยับสัญญาณที่สะสมไว้ออกไปหน่วยแปลงสัญญาณต่อไป

ความกว้างของพัลส์สัญญาณเวลาคำนวณได้จากสูตร[1]

$$T_p = \tau \ln 2$$

หรือ $= 0.69 \times R \times C$

ในที่นี้เลือกใช้[2] $R = 10$ K - ohms

$C = 100$ pf

ซึ่งได้ $T_p = 700$ ns

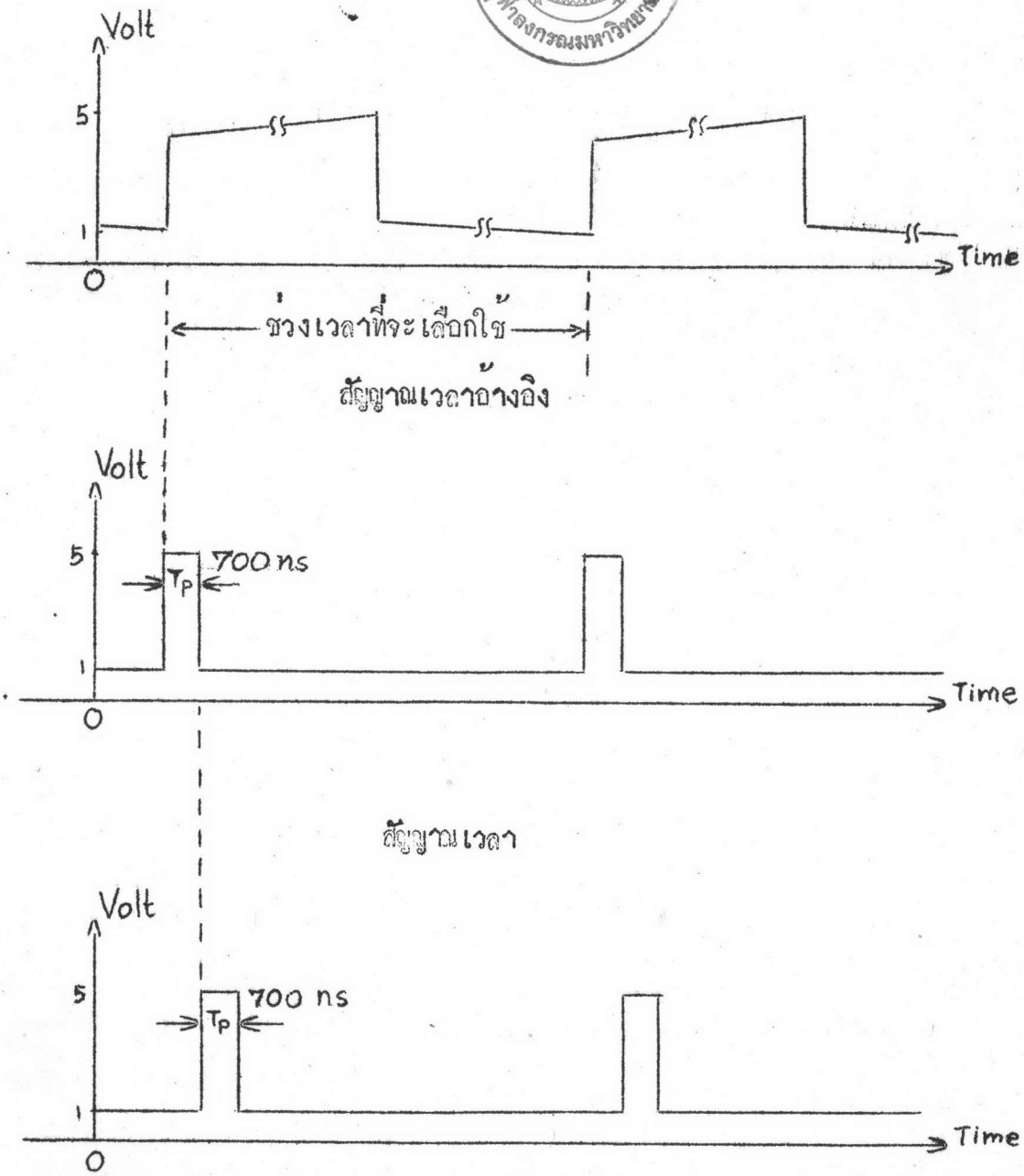
๒. <u>ส่วนสร้างสัญญาณรีเซ็ท</u> ส่วนนี้จะสร้างพัลส์ของสัญญาณ เช่นเดียวกับของสัญญาณเวลา โดย SN 74121 ตัวที่ ๒ รับสัญญาณ Q จาก SN 74121 ตัวแรกมาสร้างสัญญาณรีเซ็ทขึ้นโดยใช้สัญญาณ Q ส่งให้หน่วยนับสัญญาณเพื่อให้นับค่าเป็นศูนย์ พร้อมที่จะนับสัญญาณชุดใหม่ต่อไป

---

1. Millman and Taub, Pulse, Digital and Switching Wave Forms P.415

2. Digital Integrated Circuit, NS Vational P.1-76

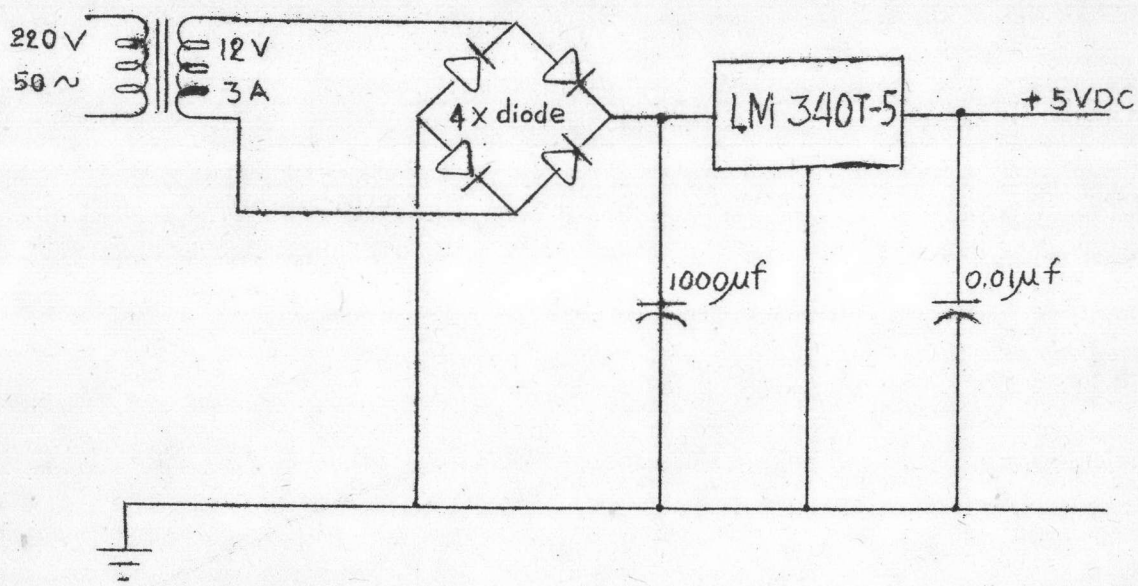
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย




รูปที่ ๗

ภาคพาวเวอร์ซัพพลาย ( Power Supply Part )

เป็นภาคจ่ายกำลังไฟฟ้า ให้วงจรการทำงานของเครื่องวัดความเร็วรอบต่อนาทีปรากฏเป็นตัวเลข โดยแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ ๒๒๐ โวลท์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ๕ โวลท์ ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นวงวรดังแสดงในรูปที่ ๘




รูปที่ ๘ วงวรภาคพาวเวอร์ซัพพลาย

000702