พัฒนาชุดฝึกวิชาวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง เบื้องต้น

(PULSE AND SWITCHING CIRCUIT)

นายหยาด พลตรี

นายสุรัาภะ สุรัาไพ

นายชัยรัตน์ ทองใบ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

15 ตุลาคม 2531

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พัฒนาชุดฝึกวิชาวงจรพัลซ์เบื้องต้น

ผู้จัดทำ

1.นายสุรัภาะ สุรัาไพ

2.นายหยาด พลตรี

3.นายชัยรัตน์ ทองใบ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(....ผศ.นิกร....สุขุตมตันติ.....)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาชุดฝึกวิชาวงจรพัลซ์และสวิทชิ่งนี้ สำเร็จลงด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและความกรุณาจาก อาจารย์นิกร สุขุตมตันติ ที่ปรึกษาโครงงาน ได้ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการทำโครงงานและสื่อประกอบการเรียน อาจารย์ประจำภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ได้ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการ เสนอโครงงาน

นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการวิทยาลัย เทคนิคศรีสะ เกษ พร้อมทั้งครู-อาจารย์และบุคคลอื่นๆที่ช่วย เหลือและให้กำลังใจต่อผู้ทำโครงงาน ตลอดมา จึงทำให้โครงงานนี้สำ เร็จด้วยดี ผู้ทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณ อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นายหยาด พลตรี

นายสุรำภะ สุรำไพ

นายชัยรัตน์ ทองใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. มนตรี พรหมเพ็ชร วงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง เล่ม 1 วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

2. กฤษดา วิศวธีรานนท์ ไอซีดิจิตอล ซีเอ็ดยูเคชั่น 2530

3. มนตรี พรหมเพ็ชร ใบงานวงจรพัลซ์ และสวิทชิ่ง ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาอาชีวศึกษา

026890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม การเรียนการสอนทางด้านวิชาชีพ จึงมีส่วนสำคัญที่จะช่วยในการพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าได้ การศึกษานั้นจำเป็นต้องเริ่มต้นจากขั้นพื้นฐานที่ง่ายและเข้าใจก่อน เพราะโอกาสที่จะทำความเข้าใจระบบที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมใหม่สะดวกรวดเร็วขึ้น ความสามารถในวิชาชีพที่จะนำไปประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์การเรียนการสอนในสถานศึกษา ซึ่งจะเป็นแหล่งที่จะเสริมสร้างประสบการณ์โดยตรงต่อนักเรียนที่ศึกษาทางด้านวิชาชีพ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องการใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือประกอบการเรียนการสอน

สำหรับคณะผู้จัดทำโครงงาน ได้ตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องการใช้วัสดุอุปกรณ์ จึงได้พัฒนาชุดฝึกวิชาวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง(PULSE AND SWITCHING CIRCUIT) เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชานี้ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) โดยหวังอย่างยิ่งว่าในการจัดทำชุดฝึกนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และในโอกาสนี้จึงขอขอบคุณผู้ให้ความร่วมมือช่วยเหลือแนะนำทำให้ผลงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายหยาด พลตรี

นายสุรัภะ สุรัไพ

นายชัยรัตน์ ทองใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก.
คำนำ	ข.
บทที่ 1	1-1
บทนำ	1-2
บทที่ 2 สัญญาณสแควเวฟ	2-1
2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อน	
2.1.2 การกำเนิดสัญญาณสแควเวฟ	2-3
2.1.3 การสร้างรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	2-4
2.1.4 การสร้างสัญญาณรูปสแควเวฟจากการรวมสัญญาณของหายเวฟ	2-6
2.2.1 การ์ที คินติเกรเตอร์	2-7
2.2.2 การทำงานของวงจร	2-8
2.2.3 ค่าไทม์ คอนสแตนท์	2-9
2.3.1 การ์-ที ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์	2-10
2.3.2 การทำงานของวงจร การ์-ที ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์	2-11
2.3.3 ทิลท์ไทม์	2-13
2.4.1 วงจรคลิปเปอร์	2-13
2.4.2 วงจรคลิปเปอร์แบบซีรี-ไดโอด	2-15
2.4.3 วงจรคลิปเปอร์แบบชั้นท์-ไดโอด	2-16
2.4.4 วงจรคลิปเปอร์แบบชั้นท์-ไดโอดชนิดไม่มีไบแอส	2-19
2.4.5 วงจรแคลมเปอร์	2-21
2.5.1 การทำงานของวงจรแคลมเปอร์ในทางปฏิบัติ	2-23
2.5.2 การวิเคราะห์วงจรแคลมเปอร์	2-25
2.6.1 วงจรเบื้องต้นของวงจรคิมิตเตอร์-ดับเบิล	2-27
2.6.2 การทำงานของวงจร	2-27
2.6.3 ข้อดีของวงจรคิมิตเตอร์-ดับเบิล	2-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4	ข้อเสียของวงจร	2-29
2.7.1	การทริกเกอร์	2-32
2.8.1	วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	2-35
2.8.2	การทำงานของวงจร	2-36
2.9.1	วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	2-40
2.9.2	การซิงโครไนเซชั่น	2-44
2.10.1	ชมิทท์-ทริกเกอร์	2-45
2.10.2	การทำงานของวงจร	2-45
2.10.3	การคำนวณหาค่า UTP	2-47
2.10.4	ฮิสเตอร์รีซิส	2-47
บทที่ 3	ชุดฝึกวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง	
3.1.1	แนวความคิดในการออกแบบชุดฝึกวงจรพัลซ์	3-1
3.1.2	ชุดเครื่องกำเนิดสัญญาณ	3-1
3.2.1	วงจรไดโอดลิมิตเตอร์แบบชั้นไดโอด ลิมิเตอร์	3-5
3.3.1	วงจรไดโอดลิมิตเตอร์แบบซีรีส์-ไดโอด	3-7
3.4.1	วงจรไดโอดแคลมเปอร์	3-8
3.5.1	วงจรโวลท์เต็จดิไวเดอร์ คอมเมนเซชั่น	3-10
3.6.1	วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	3-12
3.6.2	วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	3-15
3.7.1	วงจรไบสเตรเบิล มัลติไวเบรเตอร์	3-19
3.8.1	วงจรชมิททริกเกอร์	3-21
3.9.1	วงจรภาคจ่ายแรงดันต่างระดับ	3-24
3.10.1	ชุดวงจรรวมค่าความต้านทานและคาปาซิเตอร์	3-24
3.11.1	การประกอบเครื่อง	3-26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สารบัญต่อ-

ใบงานที่ 1 วงจรแคลมเปอร์ชนิดมีไบอัส	3-27
ใบงานที่ 2 วงจรแคลมเปอร์ชนิดไม่มีไบอัส	3-31
ใบงานที่ 3 โวลเต็จดิไวเดอร์ คอมเน็นเชชั่น	3-34
ใบงานที่ 4 วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	3-38
ใบงานที่ 5 วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	3-41
ใบงานที่ 6 วงจรชมิททริกเกอร์	3-43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1.1 พัลซ์และการควบคุมพัลซ์

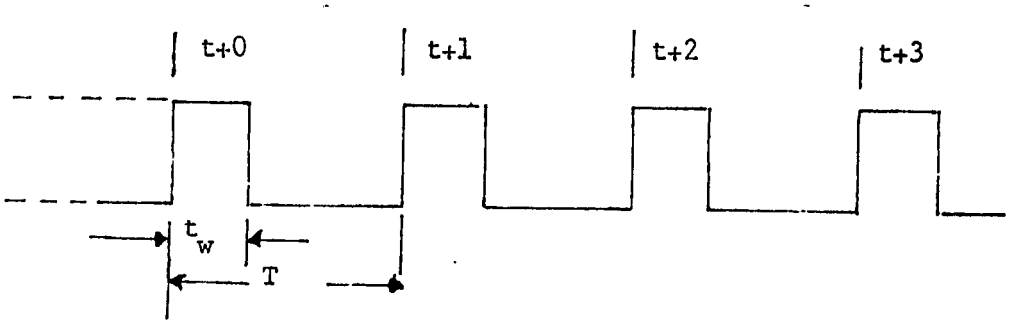
สัญญาณ "พัลซ์" หมายถึง สัญญาณที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับโลจิกระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง แล้วเปลี่ยนกลับมาสู่ระดับเดิมในช่วงเวลาสั้นๆ โดยนัยนี้ พัลซ์จะมีอยู่ 2 ชนิดคือ พัลซ์-บวก(Positive Pulse) เป็นพัลซ์ที่มีระดับปกติอยู่ที่ระดับโลจิก "0" มีลักษณะดังรูปที่ 1.1(a) และพัลซ์ลบ(Negative Pulse) เป็นพัลซ์ที่ระดับปกติอยู่ที่ระดับโลจิก "1" มีลักษณะดังรูปที่1.1(b)

รูปที่ 1.1 รูปร่างของสัญญาณพัลซ์

โดยปกติทั้งพัลซ์บวกและพัลซ์ลบลูกหนึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนระดับ(Transition) 2 ครั้งซึ่งเป็นการเปลี่ยนระดับจากระดับ 0 ไปเป็นระดับ 1 ครั้งหนึ่ง เรียกว่าช่วง"คมบวก" (โพสซิตีฟ-โกอิ้ง:Positive-going)และอีกครั้งหนึ่งเป็นการเปลี่ยนระดับจาก 1 มาระดับ 0 เรียกว่าช่วง"คมลบ" (เนคกาตีฟ-โกอิ้ง:Negative-going) ดังนั้นข้อแตกต่างระหว่างพัลซ์บวกและพัลซ์-ลบอาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือ พัลซ์บวกเป็นสัญญาณพัลซ์ที่มีคมบวกก่อนคมลบ ส่วนพัลซ์ลบจะมีคมลบก่อนคมบวก จากรูปที่ 1.1 ส่วนที่มีการเปลี่ยนระดับครั้งแรกจะเป็นการเริ่มของลูกพัลซ์ เรียกว่า"คมหน้า" (Leading edge)และส่วนที่มีการเปลี่ยนระดับครั้งที่สอง จะเป็นการสิ้นสุดลูกพัลซ์ เรียกว่า"คมหลัง" (Trailing edge) เวลานับตั้งแต่ที่เกิดการเปลี่ยนระดับครั้งแรกหรือคมหน้าถึงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนระดับครั้งที่สองหรือคมหลังนี้เรียกว่า ความกว้างของพัลซ์ (Pulse Width เขียนแทนด้วย Tw หน่วยเป็นวินาทีหรือส่วนของนาที)

พัลซ์อาจจะเกิดขึ้นในลักษณะเหมือนกันหรือไม่เหมือนกันก็ได้ ติดต่อกันไปและเวลาการเกิดพัลซ์อาจจะคงที่หรือไม่คงที่ก็ได้ ทั้งนี้ แล้วแต่ละกษณะการนำพัลซ์ไปใช้ หากว่าพัลซ์ที่เหมือนกันมีเวลาเกิดห่างเท่าๆกันติดต่อกันไป เราเรียกว่า "พัลซ์เวลา" (Clock Pulse) ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 1.2 เป็นพัลซ์เวลาแบบพัลซ์บวก ซึ่งมีความกว้างของพัลซ์เท่ากัน และ ระยะเวลาการเกิดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 รูปร่างสัญญาณพัลซ์เวลาบวก

จำนวนพัลซ์ของพัลซ์เวลาที่เกิดขึ้นใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่พัลซ์(Pulse repetition frequency or clock frequency) มีหน่วยเป็นไซเกิ้ล หรือเฮิร์ต(Cycle or Hertz) เช่นพัลซ์ที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต (1 KHz)หมายถึงใน 1 วินาทีมีการเกิดพัลซ์ 1,000 พัลซ์ เป็นต้น และระยะเวลาห่างของพัลซ์ทั้งสองพัลซ์ที่เกิดติดกันหรือคาบ (พีเรียด:Period)ของการเกิด เรียกว่า อัตราพัลซ์(Pulse repetition rate or clock rate) มีหน่วยเป็นวินาที เช่น พัลซ์เวลามีอัตราพัลซ์ 1 Msec หมายถึง พัลซ์สองพัลซ์ที่ติดกันเกิดในเวลาที่ห่างกัน 1/1000 วินาที เป็นต้น ถ้าให้ f เป็นความถี่พัลซ์มีหน่วยเป็นเฮิร์ต และ t เป็นอัตราพัลซ์มีหน่วยเป็นวินาที จะได้ว่า

$$f = 1/t \quad \text{.....(1.1)}$$

สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับพัลซ์ อีกอย่างหนึ่งคือ ดิวตี้ไซเกิ้ล(Duty cycle)ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างความกว้างของพัลซ์(Tw)ต่อคาบหรืออัตราพัลซ์ นั่นเอง

ถ้าให้ D เป็นดิวตี้ไซเกิ้ล จะได้ว่า

$$D = Tw/t*100\% \quad \text{.....(1.2)}$$

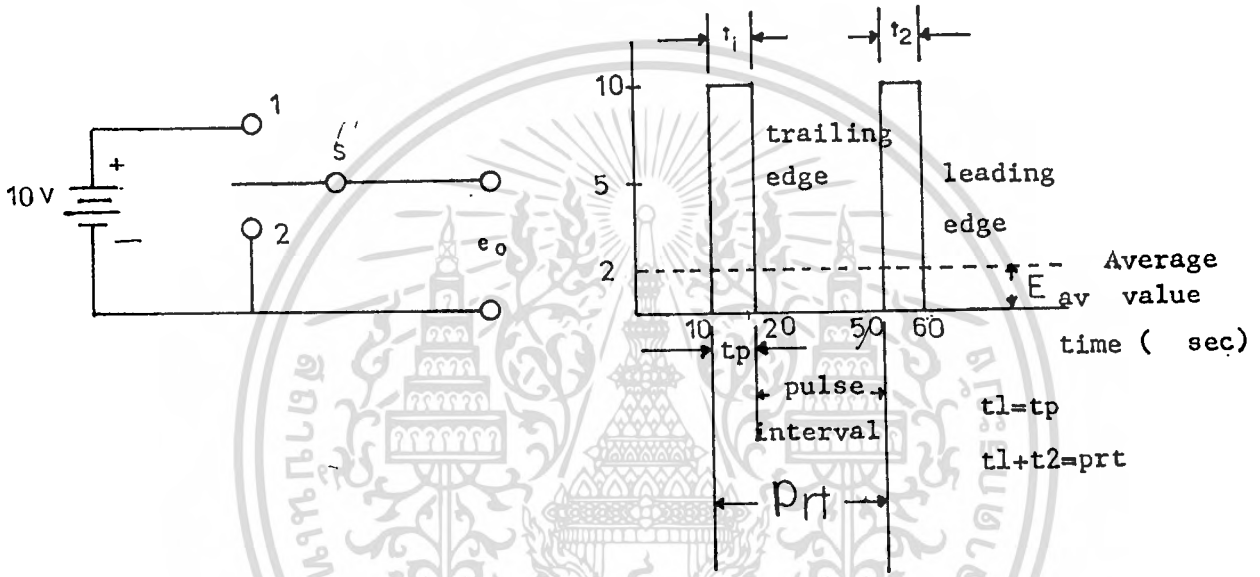
ข้อสังเกต พัลซ์เวลาที่มีดิวตี้ไซเกิ้ลเท่ากับ 50% ก็คือ สัญญาณสแควเวฟนั่นเอง และถ้าพัลซ์เวลาบวกมีดิวตี้ไซเกิ้ลมากกว่า 50% ขึ้นไป รูปร่างของสัญญาณจะมีลักษณะเหมือนพัลซ์เวลาลบทุกประการ แตกต่างกันเพียงแต่ระดับปกติของมันเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

สัญญาณสแควเวฟ

การเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อน(Voltage)ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเรามักเรียกว่า Square wave ซึ่งถือเป็นคลื่นลักษณะพิเศษของคลื่น มีรูปร่างเป็น Rectangular กล่าวคือ สำหรับสแควเวฟ นั้นค่า Pulse duration กับระยะทางระหว่าง Pulse จะเท่ากับ ในตอนนี้เราจะได้ศึกษาเรื่อง ของ Square wave ก่อนเพราะจะได้ใช้ในการศึกษามากในเรื่องของพัลซ์และสวิทชิ่ง



รูปที่ 2.1 Theoretical Pulse (Rectangular Waveshape)

จากวงจรในรูปที่ 2.1 (a) ใช้เป็นวงจรกำเนิดเวฟฟอร์มแบบ Rectangular pulse ที่แสดงในรูป 2.1 (b) จากวงจรนี้จะเห็นว่าเอ้าพุทเวฟฟอร์มจะมีระดับของแรงดันสองระดับคือ ที่ 10V. เมื่อสวิทช์ S อยู่ที่ตำแหน่ง 1 และที่ 0V. เมื่อสวิทช์ S อยู่ที่ตำแหน่ง 2 ค่าความสูงของพัลซ์เรียกว่า ค่าพีค(Peak value) และในช่วงเวลาที่ค่าแรงดันเปลี่ยนจาก 0 ไปเป็น 10V. เรียกว่า Leading edge ในช่วงเวลาที่ค่าแรงดันเปลี่ยนจาก 10V. มาเป็น 0V. เรียกว่า Trail--ing edge ระยะเวลาตั้งแต่ Leading edge กับ Trailing edge เป็นความกว้างของพัลซ์เรียกว่า Pulse width ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นของพัลซ์ลูกแรกไปจนถึงจุดเริ่มต้นของพัลซ์ลูกถัดไปเรียกว่า Pulse repetition เขียนย่อๆว่า Prt.หรือ Pulse repetition rate เขียนย่อๆว่า Prr. ถ้า Rectangular Pulse มีระยะความกว้างของพัลซ์(Tp)กับระยะห่างระหว่างพัลซ์(T2)มีขนาดเท่ากัน เราจะเรียกเวฟฟอร์มนี้ว่า สแควเวฟ (Square wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Pulse repetition rate (Prr.) จะมีค่าเท่ากับส่วนกลับของระยะเวลาของ 1 Pulse repetition time (Prt.) นั่นคือ

$$Prr = 1/Prt \quad (Hz) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

ค่าเฉลี่ยของเวฟฟอร์มใดๆคือ ค่า ดี.ซี ของค่าแรงดันหรือกระแสที่มีอยู่ในเวฟฟอร์มนั้น การหาค่าเฉลี่ยจากรูปเวฟฟอร์ม ดังเช่นในรูป 2.1 (b) จะหาได้จากการหาค่าพื้นที่ของพัลซ์(Ap) ด้วยระยะเวลา 1 Pulse repetition time (ค่าเฉลี่ยนี้จะเป็นค่าที่อ่านได้จาก ดี.ซี มิเตอร์)

จากรูป 2.1 (b) จะได้

$$Ap = Tp * Epeak \quad (second\text{-}volt)$$

$$Ap = 10 * 10u \text{ sec-V}$$

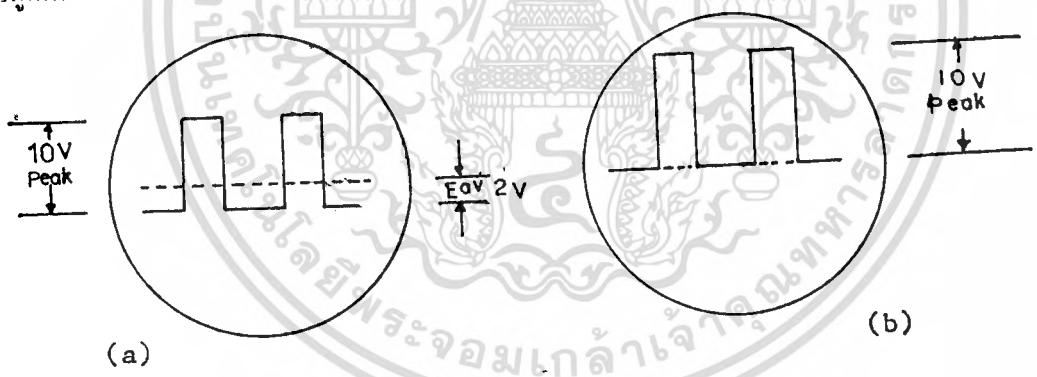
$$= 100 \text{ u sec-V}$$

$$Eav = Ap/Prt. \quad (V)$$

$$= 100 \text{ usec-V}/50 \text{ usec}$$

$$= 2V.$$

ถ้าวัดเวฟฟอร์มในรูป 2.1(b)ด้วย AC ออสซิลโลสโคป และ DC ออสซิลโลสโคป จะได้ดังรูป 2.2(a)และ 2.2(b) ตามลำดับ เมื่อไม่มีสัญญาณป้อนให้ออสซิลโลสโคป เส้น trace จะอยู่ที่กลางจอ



รูปที่ 2.2(a)AC Oscilloscope,(b)DC Oscilloscope

มีคำศัพท์เทคนิคอีกอย่างหนึ่งที่ใช้กันมากในเรื่องของพัลซ์เวฟฟอร์ม คือคำว่า Duty cycle ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าพีคของพัลซ์เวฟฟอร์ม ค่า Duty cycle มักจะกำหนดเป็นเปอร์เซนต์ดังเช่นตัวอย่างการคำนวณหาค่า duty cycle ของเวฟฟอร์ม ในรูป 2.1(b) จะได้

$$\%duty\ cycle = Eav * 100 / Epeak \quad (percent)$$

$$= 2 * 100 / 10$$

$$= 20\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือคำนวณจากสูตร

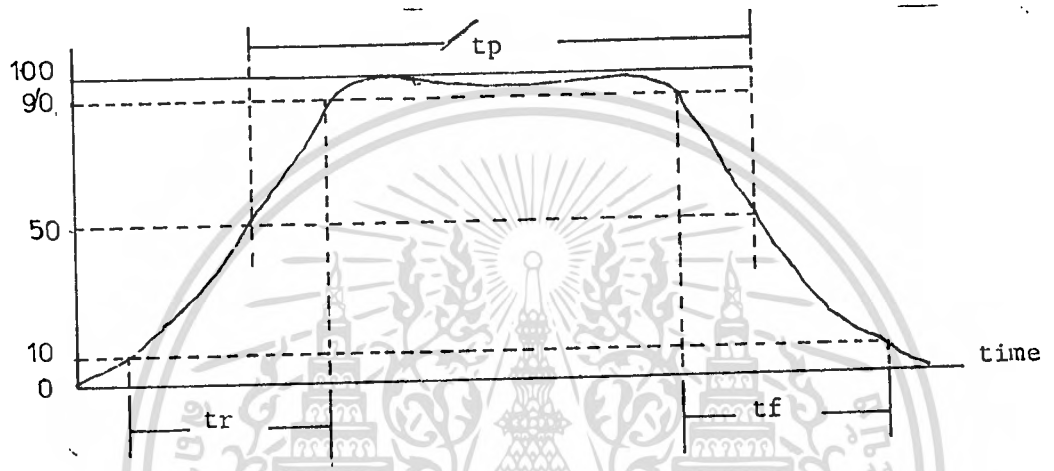
$$\%\text{duty cycle} = Eav * 100 / Epeak$$

$$= tp * 100 / prt$$

$$= 10\ \text{usec} * 100 / 50\ \text{usec}$$

$$= 20\ \%$$

สำหรับเวฟฟอร์มในรูป 2.1 (b) นั้นเป็นเวฟฟอร์มในทางทฤษฎีเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วเวฟฟอร์มที่ได้จะผิดเพี้ยนไปจากเวฟฟอร์มในทางทฤษฎีบ้างเล็กน้อย ดังแสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.3 เวฟฟอร์มของ Rectangular Pulse ที่ได้ในทางปฏิบัติ

การกำหนดคุณลักษณะของเวฟฟอร์มในรูป 2.3 จะกำหนดที่จุด 90% และ 10% ของค่าความสูงของเวฟฟอร์มเป็นมาตรฐาน คือ

1.Pulse Duration (tp) เป็นระยะเวลาที่ค่าความสูงของพัลซ์มากกว่า 50% ของค่าสูงสุด (วินาที)

2.Risetime (tr) เป็นระยะเวลาที่สัญญาณพัลซ์เริ่มต้นตั้งแต่ค่า 10% จนถึงค่า 90% ของค่าสูงสุดของเวฟฟอร์ม (วินาที)

3.Falltime (tf) บางครั้งเรียกว่า Decay Time เป็นช่วงระยะเวลาของ Trailing edge ที่เริ่มต้นลดลงจากค่าที่ 90% ลงมาที่ค่า 10% ของค่าสูงสุดของเวฟฟอร์ม (วินาที)

2.1.2 การกำเนิดสัญญาณสแควเวฟ

สัญญาณพัลซ์รูป Rectangular สามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี เช่น

1.สร้างจากการป้อนสัญญาณซายเวฟ (Sine wave) เข้ากับแอมป์ที่มีอัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายในคลาส เอ เช่น ป้อนสัญญาณซายเวฟเข้ากับวงจรขยายทรานซิสเตอร์ในครึ่งไซเกิลหนึ่งให้ถึงจุดอิ่มตัว(Saturate)และอีกไซเกิลหนึ่งให้ถึงจุดคัทออฟ(Cut off)สัญญาณที่เอ้าพุทจะมีลักษณะเป็นซายเวฟที่ถูกตัดยอดซีกบวกและยอกซีกลบออกไป สัญญาณจึงมีลักษณะเหมือนกับสแควเวฟยอดของสัญญาณซายเวฟจะถูกตัดออกมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับจุดทำงาน(D.C Operating point)ของแอมปลิไฟร์

2.สร้างจากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งเป็นวงจรขยายแบบ อาร์ ซี คับปลิ้ง โโยนำเอ้าพุทของสเตจหนึ่งป้อนกลับมายังอินพุทของอีกสเตจหนึ่ง สัญญาณที่เอ้าพุทจะมีลักษณะเป็นสแควเวฟหรือ Rectangular waveform ซึ่งจะได้ศึกษารายละเอียดของวงจรชนิดนี้ในบทต่อๆไป

3.สร้างจากการรวมสัญญาณซายเวฟหลายๆความถี่เข้าด้วยกัน ตั้งแต่ความถี่พื้นฐาน(fundamental frequency) รวมกับความถี่ฮาร์โมนิกคี่(odd harmonic)หลายๆความถี่ ถ้าจัดค่าแอมปลิจูดและเฟสของแต่ละความถี่ให้เหมาะสมแล้วจะได้เป็นผลรวมออกมาเป็นเวฟฟอร์มรูปสแควเวฟที่มีค่า pulse repetition rate เท่ากับความถี่ของสัญญาณซายเวฟหลัก(fundamental frequency)

2.1.3 การสร้างRectangular Waveform โดยวิธีป้อนสัญญาณที่มีความแรงมากๆเข้ากับวงจรแอมปลิไฟเออร์

ตัวอย่าง ต้องการออกแบบวงจรขยายสำหรับกำเนิดความถี่สแควเวฟที่มีค่า prr. 1,000 Hz มีค่า pulse amplitude 20 Vpeak จากสัญญาณอินพุทที่เป็นสัญญาณซายเวฟความถี่ 100 Hz, Amplitude 2 Vpeak-to-peak

กำหนดให้ NPN silicon Transistor ที่มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

hfe = 50

hie = 1

Ic = มีค่าน้อยมากอาจจะต้องตัดออกจากการคำนวณได้

D.C Power Supply ปรับค่าแรงเคลื่อนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 30 V. ปรับค่ากระแสได้ตั้งแต่ 0 ถึง 250 mA.

วิธีออกแบบวงจร ลักษณะวงจรเป็นแบบ Common Emitter ดังแสดงในรูป 2.4

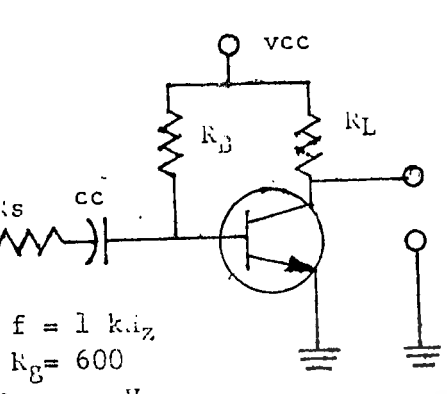
จาก Characteristic Curve ของทรานซิสเตอร์ในรูป 2.4(b) เราสามารถเลือกค่าVccได้จากขนาดของ Output pulse ที่ต้องการนั่นคือเลือก Vcc = 20 V.การเลือกค่ากระแส Ic จะต้องเลือกที่ค่ากระแสต่ำๆ เพราะว่าที่ค่ากระแส Ic ต่ำๆ ค่าInput Impedance ของทรานซิสเตอร์จะมีลักษณะเป็นลิเนียร์มากกว่าที่ค่ากระแสสูงๆถ้าเลือกค่ากระแสในย่านที่ไม่ลิเนียร์แล้วจะทำให้เอ้าพุทเวฟฟอร์มที่ได้จะเป็น Rectangular Waveform ไป ในตัวอย่างนี้จะเลือกค่า Icq ที่ 10 mA.และเลือก Vceq ที่กึ่งกลางของค่า Vcc

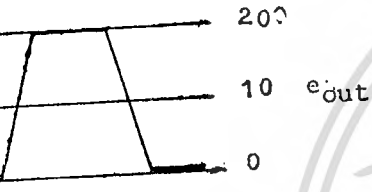
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

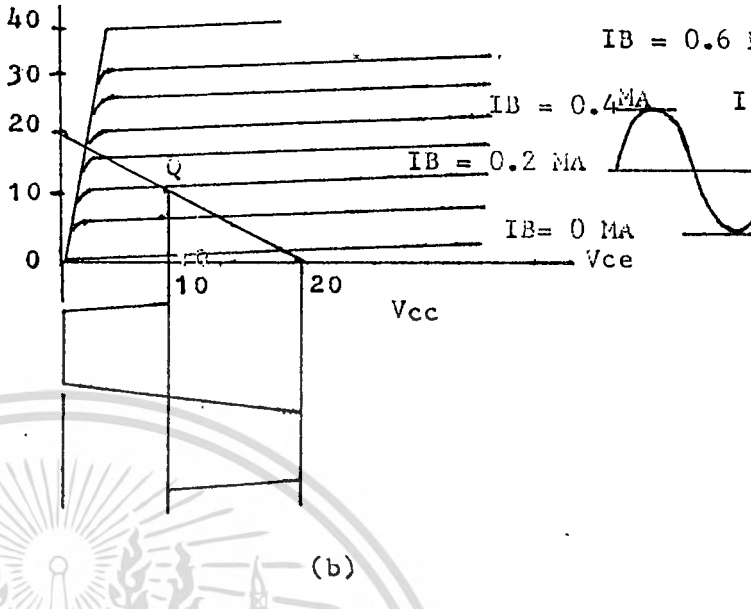
RL = ERL/Icq = Vcc-Vceq/Icq =20-10/10 = 100 ohm

Ib =Ic/hfe = 10 mA/50 = 0.2 ma.

โดยปกติค่าโวลท์เตจที่ตกคร่อม Emitter-Base Junction มีค่าน้อยมากหรืออาจตัดออกจากการคำนวณได้







รูปที่ 2.4 Class A Overdriven Grounded Emitter Amplifier

Rb = Vcc/Ib = 20/0.2 = 100 K ohm.

การคำนวณหาค่า Coupling Capacitor (Cc) โดยปกติ Cc จะต่ออันดับอยู่กับ input impedance ของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณเท่ากับ Rb ขนานกับ hie ของทรานซิสเตอร์ เมื่อป้อนสัญญาณผ่าน Cc ค่า input impedance ของวงจรขยายควรจะมีค่าคงที่ เมื่อเป็นเช่นนี้ค่าความต้านทานต่อแรงไฟ เอ.ซี ของ Cc จะต้องมีค่าน้อยมาก ในทางปฏิบัติแล้วจะเลือกให้ค่า Xc มีค่าประมาณ 1/10 เท่าของค่า input impedance นั่นคือ

Zin = Rb//hie = 100K//1,000 ohm =1,000 ohm

Xc = 1/10 Zin = 1/10*1,000 = 100 ohm

Cc = 1/2 fXc = 1/(6.28*1000*100) =1.59 uF

จากรูป 1.4(b) จะเห็นว่าสัญญาณ input ขนาดสูงสุดที่วงจรสามารถทำการขยายได้โดยไม่มี distortion กระแสเบสจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0mA.ถึง 0.4mA. หรือ 0.4mA.peak-to-peak หรือ0.1414mA rms. เพื่อให้ได้สัญญาณ output ออกมาเป็นสแควเวฟ จะต้องป้อนสัญญาณ input ให้แรงขึ้น จนกระทั่งเลยจุด cut off และจุด saturate ของทรานซิสเตอร์ค่ากระแสที่ป้อนให้นี้ควรจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของค่าเดิมที่กระแสเบสจะเปลี่ยนแปลงได้ นั่นคือจะต้องให้ a.c input base current เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0.8 mA.peak-to-peak หรือ 0.2828mA.rms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น เพื่อที่จะจำกัดค่ากระแสเบสให้ได้ตามที่กำหนด จะต้องมีความต้านทาน Rs มาต่ออันดับกับแหล่งจ่ายสัญญาณและต่ออันดับกับค่า input impedance (ประมาณ 1K ohm) ของวงจรขยาย

ถ้ากำหนดให้ R1 = ความต้านทานรวมที่มองจากแหล่งจ่ายสัญญาณเข้า

Rg = ความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายสัญญาณ

ฉะนั้น Rt = Rg+Rs+Zin

= ein/ib = 0.707/0.2828 = 2k ohm

Rs = Rt-(Rg+Zin)

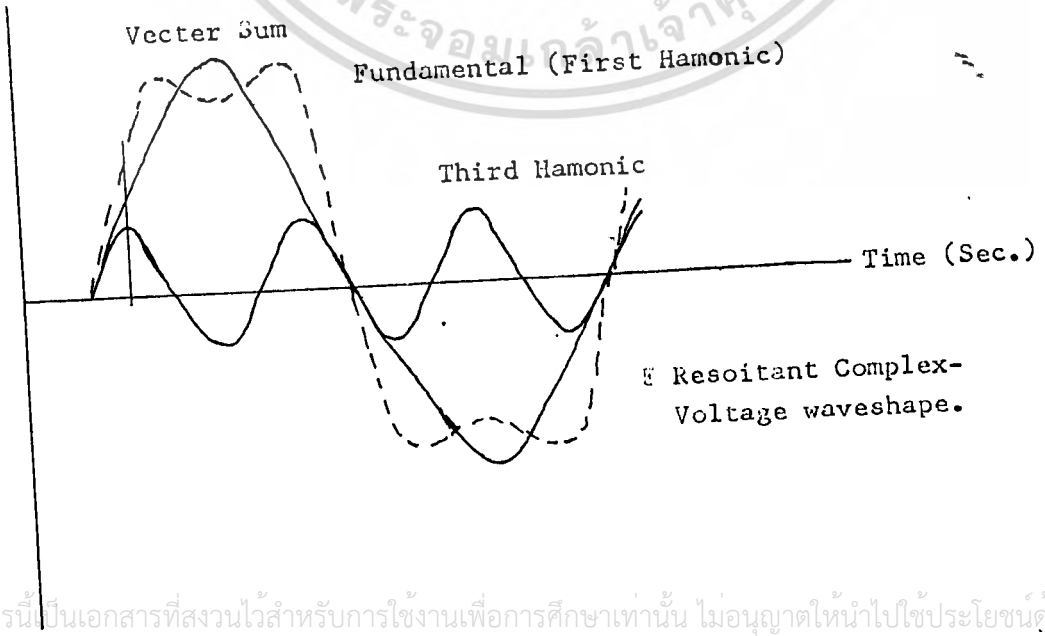
= 2K - (0.6K+1K)

= 400 ohm

2.1.4 การสร้างสัญญาณรูปสแควเวฟจากการรวมสัญญาณของซายเวฟ

สัญญาณสแควเวฟนั้นเราสามารถที่จะสร้างขึ้นโดยการรวมสัญญาณซายเวฟความถี่หลักอันหนึ่งเข้ากับสัญญาณซายเวฟอื่นๆที่มีความถี่เป็นฮาร์โมนิกส์เลขคี่ของสัญญาณซายเวฟที่เป็นความถี่หลัก ถ้าเราจัดค่าแอมปลิจูดและเฟสของสัญญาณซายเวฟดังกล่าวให้เหมาะสมแล้วผลรวมที่ได้จะเป็นรูปสแควเวฟที่มี pulse repetition rate เท่ากับความถี่ของสัญญาณซายเวฟที่เป็นความถี่หลักนั้น

วิธีนี้สามารถพิสูจน์ได้โดยวิธีกราฟ ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงการรวมสัญญาณทางเวคเตอร์ที่แต่ละจุดของสัญญาณความถี่หลักรวมกับสัญญาณที่เป็นฮาร์โมนิกส์เลขคี่ของสัญญาณความถี่หลัก คือสัญญาณความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่ 3,5,7,9.....ฯลฯซึ่งมีจำนวนสัญญาณความถี่ฮาร์โมนิกส์เลขคี่จำนวนมากเท่าใด จะได้สัญญาณความถี่ที่มีรูปร่างใกล้จะเป็นสแควเวฟมากขึ้นทุกที ในทางทฤษฎีแล้วสัญญาณสแควเวฟจะเป็นผลรวมของสัญญาณซายเวฟความถี่หลักรวมถึงสัญญาณซายเวฟที่มีความถี่เป็นความถี่ฮาร์โมนิกส์เลขคี่ของสัญญาณความถี่หลักอีกจำนวนนับไม่ถ้วน(infinity)ความถี่

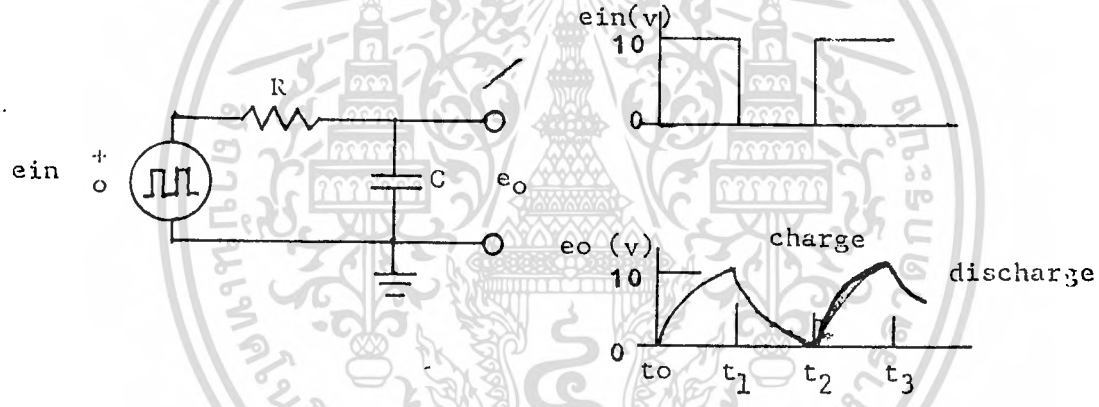


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 การสร้างสัญญาณสแควเวฟจากการรวมสัญญาณซายเวฟ

2.2.1 อาร์-ซี อินติเกรเตอร์(R-C INTIGRATOR)

เมื่อป้อนสัญญาณที่ไม่เป็นรูปซายเวฟ(Non-Sinusoidal waveform) เข้ากับวงจรลิเนียร์, เอ้าพุท จะมีเวฟฟอร์มที่แตกต่างกันออกไปจากอินพุท เราจึงเรียกวงจรนี้ว่า วงจรปรับรูปร่างของเวฟฟอร์มแบบลิเนียร์(Linear wave shaping circuit) วงจรลิเนียร์ดังกล่าวนี้แบ่งออกเป็นหลายๆแบบ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ภายในคือR,L และ C โดยทั่วไปแล้วเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 พวกคือ วงจร RC, RL และ RLC วงจร RC เป็นวงจรที่ง่ายและนิยมใช้กันมากในการปรับรูปร่างของเวฟฟอร์ม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ วงจรอาร์-ซี อินติเกรเตอร์ (R-C Integrator)และวงจร อาร์-ซี ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์(R-C Differentiator)ในช่วงนี้จะได้กล่าวถึงการวิเคราะห์และการทำงานของวงจรอาร์-ซีอินติเกรเตอร์



รูปที่ 2.6 วงจร อาร์-ซี อินติเกรเตอร์

ลักษณะของวงจรอินติเกรเตอร์ จะประกอบด้วยตัวต้านทานต่ออันดับอยู่กับคาปาซิเตอร์ สัญญาณเอ้าพุทที่ได้จากแหล่งจ่ายจะตกคร่อมคาปาซิเตอร์ ดังแสดงในรูป 2.6(a) ลักษณะของสัญญาณเอ้าพุทจะเป็นการอินทิเกรทสัญญาณอินพุทออกมา เช่นเดียวกับการอินทิเกรททางคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นวงจรนี้ยังมีลักษณะเป็นวงจร Low-pass filter ที่จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำผ่านไปได้ ส่วนสัญญาณที่มีความถี่สูงจะผ่านไปไม่ได้ ลักษณะรูปร่างของสัญญาณจะโค้งมน เป็นรูปโค้งแบบเอ็กซ์โปเนนเชี่ยล(Exponential curve)ดังได้อธิบายมาแล้วว่าส่วนประกอบของสัญญาณรูปRectangular pulse นั้นได้จากการรวมสัญญาณรูปซายเวฟหลายๆความถี่เข้าด้วยกัน ส่วนที่เป็นมุมแหลมของพัลซ์จะได้จากส่วนประกอบของสัญญาณซายเวฟที่ความถี่สูงๆและตัวคาปาซิเตอร์นั้นจะมีค่าความต้านทานต่อสัญ-ญาณที่มีความถี่สูงๆน้อยลง ฉะนั้นส่วนประกอบของสัญญาณซายเวฟที่ความถี่สูงๆจึงถูกบายพาสลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปเอ้าพุทเวฟฟอร์มที่ได้จึงมีลักษณะโค้งมนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังรูป 2.6(b)

2.2.2การทำงานของวงจร

พิจารณารูป 2.6(a) ณ เวลา t0 สัญญาณอินพุทเปลี่ยนจาก 0V.ไปเป็น 10V.และมีค่าคงที่เท่ากับ 10V. ไปจนถึงเวลา T1 ซึ่งในช่วงเวลา T0 นี้ค่าโวลเตจส่วนใหญ่จะตกคร่อมตัวต้านทาน R ในวงจรเนื่องจากคาปาซิเตอร์ยังไม่ได้รับประจุ ฉะนั้นค่าโวลท์เต็จที่เพลทของคาปาซิเตอร์จึงยังเป็นศูนย์อยู่ ฉะนั้นที่เอ้าท์พุทจึงมีค่า e0 = 0 V. อยู่ (t = t0) หลังจากเวลา t0 มาแล้วคาปาซิเตอร์จึงจะเริ่มรับประจุ โวลท์เต็จที่เอ้าท์พุทจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปแนลเชียลมีค่าเข้าใกล้ +10 V., เมื่อเวลา t = t1 สัญญาณอินพุทจะเปลี่ยนจาก +10V. มาเป็น 0V. ที่อินพุทจึงมีลักษณะเสมือนลัดวงจรที่แหล่งจ่าย(ein = 0V.)ฉะนั้นในช่วงเวลานี้คาปาซิเตอร์จะเริ่มคายประจุ (discharge)ผ่านตัวต้านทาน R ค่าเอ้าพุทโวลเตจจึงค่อยๆลดลงเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล และมีค่าเข้าสู่ 0V.ที่เวลา t2 และที่เวลา t2 ก็จะเป็นการเริ่มต้นของพัลซ์ลูกถัดไป ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานในทำนองเดียวกัน

สมการที่ 2.2 เป็นสมการที่แสดงค่าโวลเตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ในขณะที่รับประจุ (Charge)

$$ec = E(1-E^{\quad})\qquad(2.2)$$

เมื่อ ec เป็นค่าโวลเตจขณะใดๆที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ (V)

E เป็นค่าโวลเตจที่ป้อนให้กับวงจร (V)

E เป็นค่าคงที่ 2.718

t เป็นระยะเวลาที่คาปาซิเตอร์ทำการรับประจุ (วินาที)

R เป็นค่าความต้านทานภายในวงจรที่อิเล็กตรอนจะวิ่งผ่านไปเพื่อประจุคา-
-ปาซิเตอร์ (ohm)

C เป็นค่าคาปาซิเตอร์ในวงจร

ส่วนมากสมการที่ 2.3 เป็นสมการที่แสดงค่าโวลเตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ เมื่อคาปาซิเตอร์คายประจุ(Discharge)

$$ec = E\qquad(2.3)$$

จากสมการที่ 2.2 จะเห็นว่า เมื่อเวลา t เป็นค่าอินฟินิตี้ ค่าโวลเตจที่ตกคร่อมคา-
-ปาซิเตอร์จะมีค่าเท่ากับค่าอินพุทโวลเตจ แต่ในทางปฏิบัติแล้วคาปาซิเตอร์จะรับประจุได้จนกระทั่งค่าโวลเตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์มีค่าประมาณเท่ากับ 99% ของอินพุทโวลเตจและในทำนองเดียวกันสม-
-การที่ 2.3 คาปาซิเตอร์จะคายประจุออกหมดเมื่อเวลาเป็นอินฟินิตี้เท่านั้น ซึ่งค่า ec จะเป็น 0V. พอดี แต่ในทางปฏิบัติแล้วคาปาซิเตอร์จะคายประจุได้ประมาณ 99% ของค่าประจุที่คาปาซิเตอร์รับไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่านั้น

2.2.3 ค่าไทม์คอนสแตนท์(Time Constant)

ผลคูณของค่า RC ที่ปรากฏอยู่ในสมการที่ 2.2 และ 2.3 เรียกว่าค่า Time Constant ใช้สัญญลักษณ์เป็น นั่นคือ

$$= RC \quad \text{(วินาที)} \qquad (2.4)$$

ค่า Time Constant มีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งแสดงได้ดังนี้

ถ้าให้ $= RC$

$Q = CE$

Q = ปริมาณของประจุ (คูลอมบ์)

I = กระแส (แอมป์)

ฉะนั้น $C = Q/E$

$= RQ/E$

และ $I = Q/t$

$Q = It$

$= RIt/E$

หารทั้งเศษและส่วนของเทอมทางขวามือด้วย I จะได้

$R = E/I$

ดังนั้น $= Rt/R$

$= t$

หรือ $ec = E-0.0067\ E$

$= 0.9932\ E$

นั่นคือ ec = 99.32% หรือประมาณ 99% เมื่อ t = 5

ในรูปที่ 2.2 เป็นการแบ่งประเภทของวงจร อาร์-ซี แบบอันดับ ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่า pulse duration กับระยะเวลาของค่าไทม์คอนสแตนท์ แบ่งออกได้ดังนี้

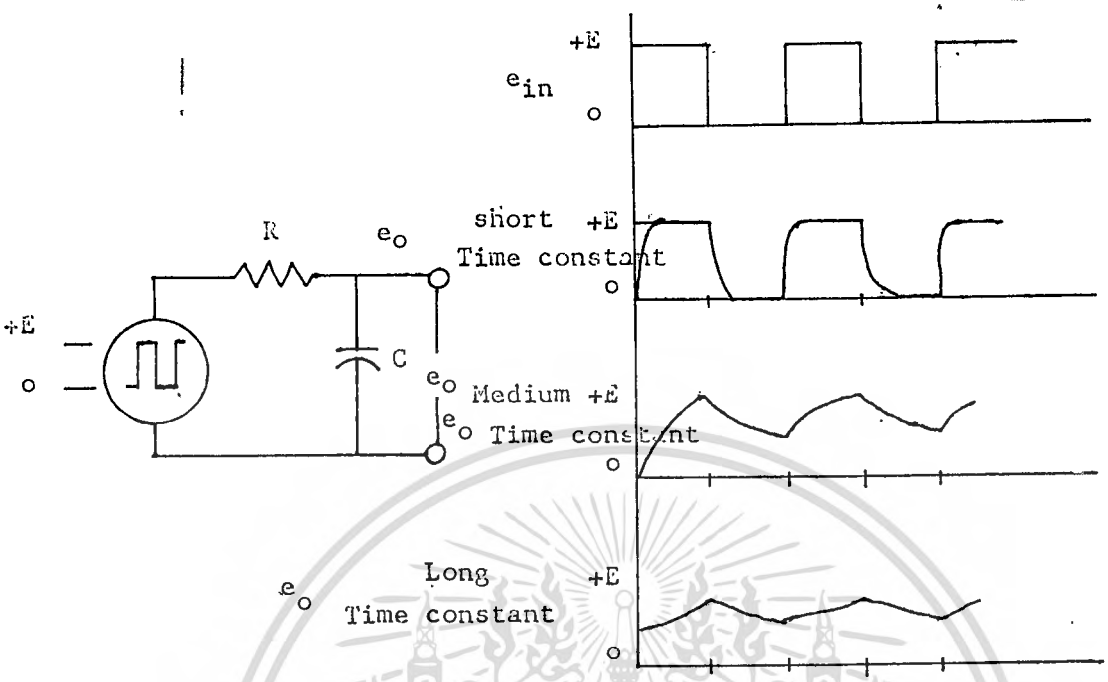
1.Short time Constant วงจรชนิดนี้จะมีค่า pulse duration ประมาณ 10 เท่าหรือมากกว่าของค่าหนึ่งไทม์คอนสแตนท์

2.Medium time Constant วงจรชนิดนี้ค่า pulse duration ประมาณระหว่าง 1/10 ถึง 10 เท่าของค่าหนึ่งไทม์คอนสแตนท์

3.Long time Constant วงจรชนิดนี้ค่า pulse duration จะมีค่าประมาณเท่ากับ 1/10 เท่าหรือน้อยกว่าของค่าหนึ่งไทม์คอน-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สแตนท์



รูปที่ 2.7

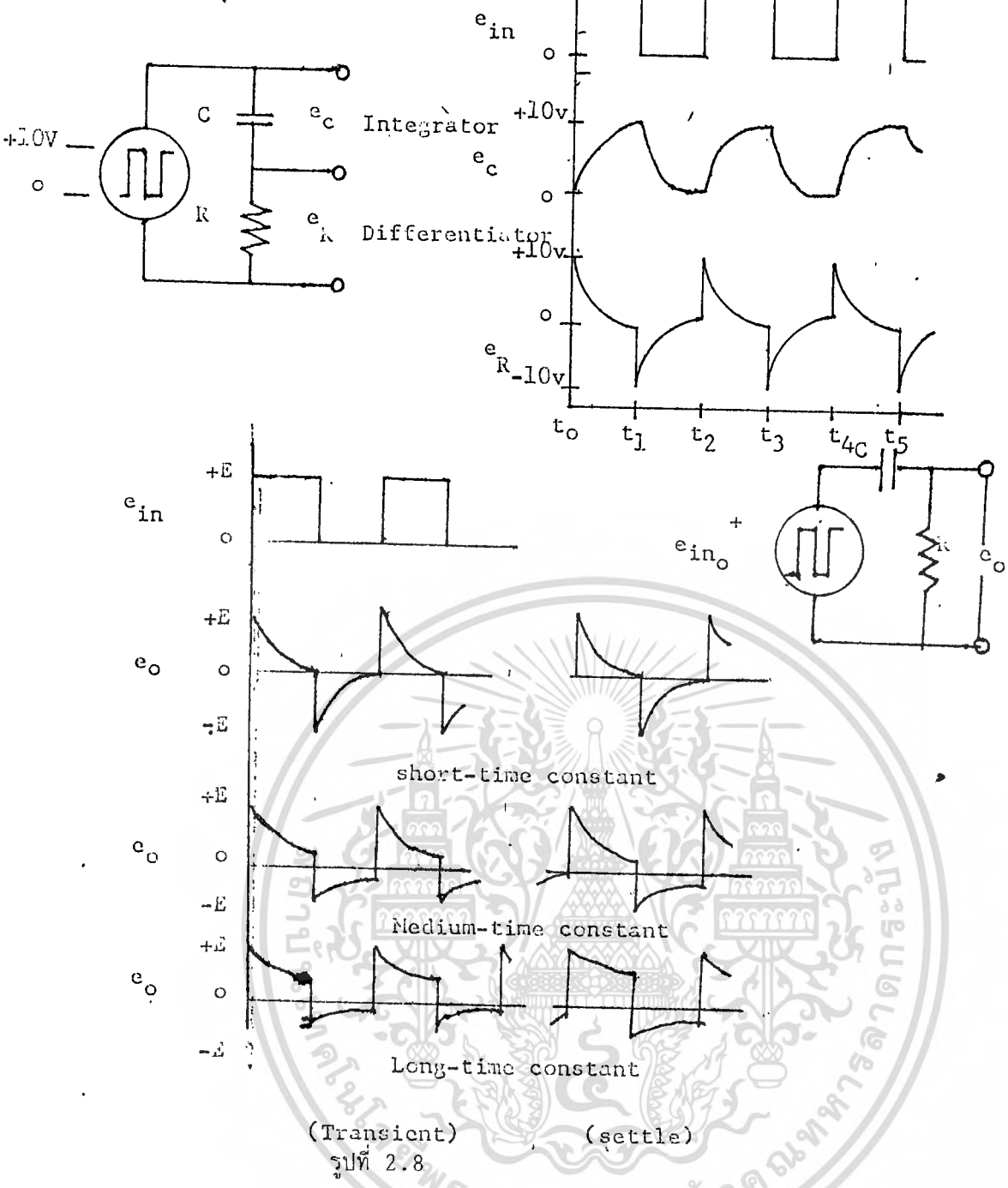
2.3.1 อาร์-ซี ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์(R-C Differentiator)

คุณลักษณะของวงจรจะประกอบด้วย รีซิสเตอร์และคาปาซิเตอร์ต่ออันดับกันแล้วต่อกับแหล่งจ่ายสัญญาณอินพุท เอ้าพุทโวลเตจตกคร่อมรีซิสเตอร์จะมีลักษณะ เหมือนกับสัญญาณอินพุทที่ถูก ดิฟเฟอเรนทิเอท การทำงานของวงจรจึงตรงกันข้ามกับวงจรอาร์-ซี อินติเกรเตอร์ที่สัญญาณเอ้าพุทตกคร่อมคาปาซิเตอร์ ลักษณะของวงจรจึงสามารถเขียนเปรียบเทียบกันได้ ดังรูป 2.8

สัญญาณเอ้าพุทที่ถูกดิฟเฟอเรนทิเอทนั้นหมายความว่าสัญญาณเอ้าพุทจะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับค่าสโลป(slop)ของสัญญาณอินพุท ค่าสโลปของสัญญาณอินพุทหมายถึง อัตรากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุท ต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลา คุณสมบัตินี้จะเป็นจริงได้กับวงจรในทางปฏิบัติได้ก็ต่อเมื่อวงจรมีค่าไทม์คอนสแตนท์สั้นมาก(=0.1tp หรือน้อยกว่า)

ดังนั้นบางครั้งเราจะเรียกวงจร อาร์-ซี ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์นี้ว่า Short time Constant circuit (วงจรอาร์-ซี อินติเกรเตอร์จะเป็น Long time constant)ลักษณะของเอ้าพุทเวฟฟอร์มของสัญญาณเมื่อผ่านวงจรอาร์-ซี ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ที่มีค่าไทม์คอนสแตนท์ต่างๆกันแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8

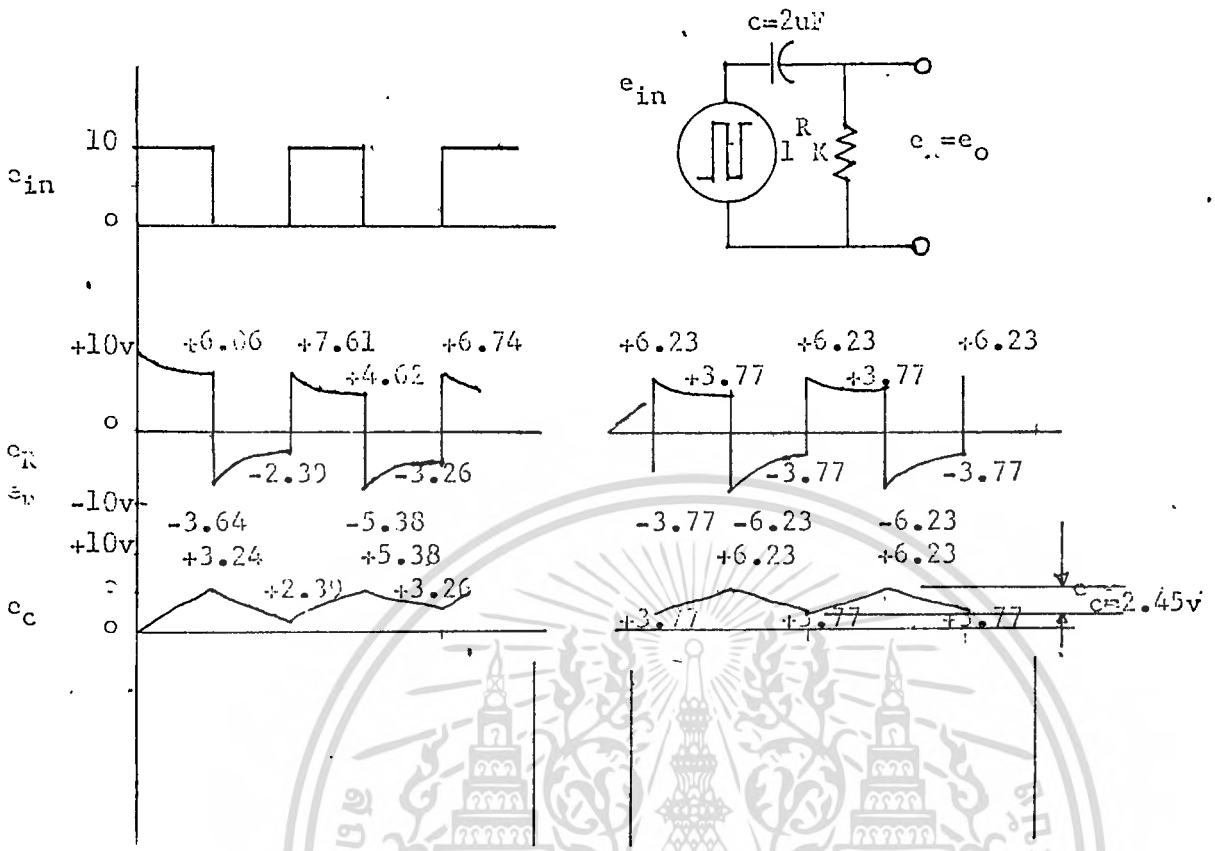
วงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ในรูป 2.8 นั้น ยังเป็นวงจร High pass R-C filter ด้วยซึ่งวงจรจะยอมให้สัญญาณความถี่สูงผ่านไปได้ แต่ความถี่ต่ำจะผ่านไปไม่ได้(เนื่องจาก X_C มีค่าสูง มีความถี่ต่ำ) การหาคุณสมบัติของวงจรที่เกี่ยวกับ Frequency response ของวงจรจะได้กล่าวในตอนต่อไป

2.3.2 การทำงานของวงจร อาร์-ซี ดิฟเฟอเรนทอเอเตอร์

เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรได้ดียิ่งขึ้น จะต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าโวลเตจ จากวงจรในรูปที่ 2.8 ที่เวลา t0 นั้น ค่าอินพุทโวลเตจจะเปลี่ยนจาก ค่า 0V. ไปเป็น +10V.ทันที นั่นคือ ในเวลา t0 อันเดียวกันจะมีค่าโวลเตจเกิดขึ้นสองค่าคือ 0V. และ 10V. ดังนั้นเราจึงต้องมาแยกว่าที่เวลาเดียวกันนี้ค่าโวลเตจอันไหนเกิดขึ้นก่อน โดยให้ค่าของโวลเตจที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนเป็นเวลาที่ t0+ และค่าโวลเตจที่เกิดขึ้นทีหลังเป็นเวลาที่ t0- พิจารณาดูรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9

จากรูปที่ 2.9 ณ เวลา t0+ โวลเตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์จะเป็น 0V.(ก่อนจะเริ่มรับประจุ) ฉะนั้นที่เวลานี้จะเกิดโวลเตจตกคร่อมรีซิสเตอร์ทั้งหมด 10V.(ตามกฎของKirchhoff) สัญญาณอินพุทจะปรากฏที่ 10V. นานถึงเวลา t1- เป็นเวลา 1mSec. ในช่วงระยะเวลานี้คาปาซิ-เตอร์จะรับประจุได้+3.94V. ดังนั้นที่เวลา t1- จะมีโวลเตจตกคร่อมรีซิสเตอร์เป็น

$$ER = ein - ec$$

$$= (+10) - (+3.94)$$

$$= +6.06 \text{ V. } t1-$$

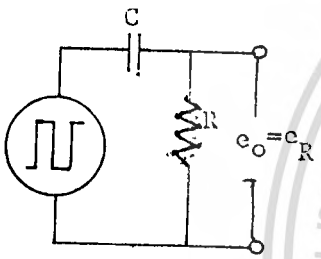
ที่เวลา t1 อินพุทโวลเตจตกกลับมาที่ 0V. ดังนั้นแหล่งจ่ายจึงมีสภาพเหมือนลัดวงจร ในขณะนี้มีค่าโวลเตจตกคร่อมคาปาซิเตอร์อยู่ 3.94 V.โดยมีขั้วบวกอยู่ที่เพลททางซ้ายมือ และขั้วลบอยู่ที่เพลททางขวามือ เมื่ออินพุทลัดวงจรจะทำให้ขั้วบวกลงมาต่อกับรีซิสเตอร์ทางด้านล่าง ฉะนั้นโวลเตจที่ตกคร่อมรีซิสเตอร์ในขณะนี้จะเป็น -3.94 V. ที่เวลา t1- ระหว่างเวลา t1+ ถึง t2- คาปาซิเตอร์จะคายประจุจากแรงไฟ +3.94 V. ไปเป็น 2.39 V. ฉะนั้นที่เวลา t2- จะมีโวลเตจตกคร่อมรีซิสเตอร์ 2.39V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

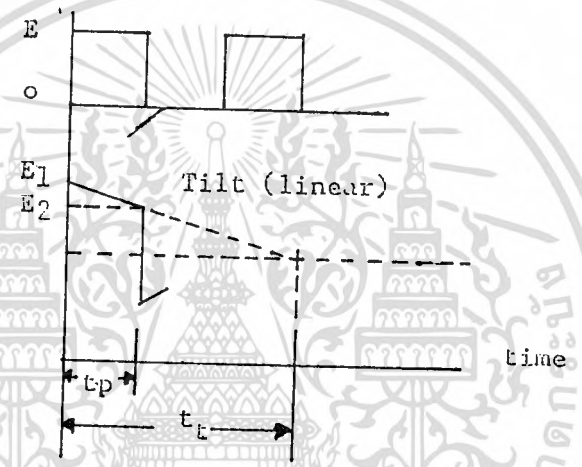
ที่เวลา t2+ สัญญาณอินพุทเปลี่ยนจาก 0V. ไปเป็น +10V.อีก ในขณะนี้ที่คาปาซิเตอร์มีแรงไฟตกค้างอยู่ 2.39V. เมื่อรวมกับแรงไฟ +10V.ในลักษณะที่หักล้างกัน ฉะนั้นที่เวลา t2+ ก็จะมีแรงไฟตกคร่อมรีซิสเตอร์เท่ากับ 10-2.39 = +7.61 V.และคาปาซิเตอร์ก็จะเริ่มรับประจุใหม่ต่อเป็นเช่นนี้เรื่อยๆจนกระทั่งสัญญาณเอ้าพุทถึงสภาวะคงตัว(Seltle)ซึ่งเป็นเวฟฟอร์มที่เราได้จากออสซิลโลสโคป

2.3.3 ทิลท์ไทม์ (TILT TIME)

ก่อนที่เราจะศึกษาเรื่องของวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ที่เป็น Long time constant circuit ต่อไป เราควรจะมาเข้าใจกับคำว่า ทิลท์ไทม์ พิจารณารูปที่ 2.10รูปสัญญาณที่ได้จากวงจรดิฟฯแบบลองไทม์นั้นส่วนที่ค่าโวลเตจลดลงเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลนั้นค่อนข้างจะลิเนียร์ ถ้าเราโยงเส้นตังกล่าวไปตัดแกนที่โวลเตจเท่ากับศูนย์ที่จุดใดค่าเวลานั้นเรียกว่า ทิลท์ไทม์(Tt)



Long time constant circuit.



รูปที่ 2.10

อัตราส่วนของ tilt หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความกว้างของพัลซ์(tp)กับทิลท์ไทม์ นั่นคือ

$$P = tp/Tt \quad \ldots\ldots(2.5)$$

เมื่อ P = อัตราส่วนของทิลท์ไทม์(ไม่มีหน่วย)

tp = ความกว้างของพัลซ์(วินาที)

Tt = ทิลท์ไทม์(วินาที)

นอกจากนั้นอัตราส่วนของ Tilt ยังสามารถเขียนในเทอมของ E1,E2 และ V ซึ่งเราสามารถวัดได้ด้วยออสซิลโลสโคป นั่นคือ

$$P = (E1-E2)/V \quad \ldots\ldots(2.6)$$

2.4.1 วงจรคลิปเปอร์ (CLIPPER CIRCUIT)

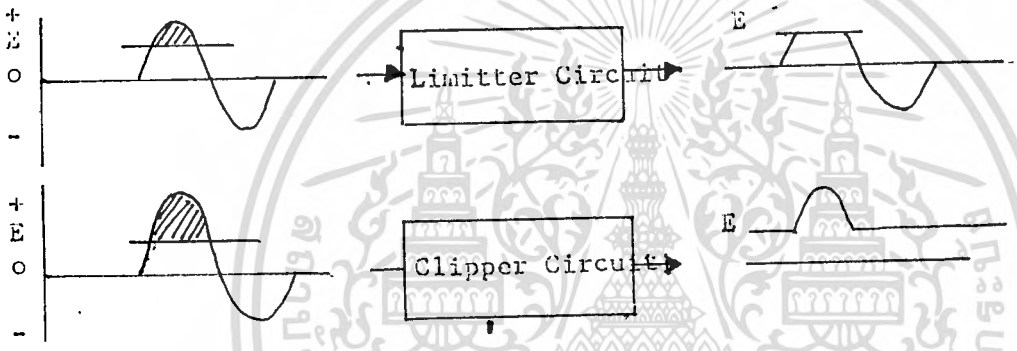
วงจรคลิปเปอร์เป็นวงจรปรับรูปร่างของเวฟฟอร์มแบบนอนลิเนียร์(Non Linear Wave Shaping Circuit) วงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เป็นนอนลิเนียร์อย่างน้อยหนึ่งตัวขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เป็นนอนลิเนียร์ ก็คือ ค่าโวลเตจและกระแสมีความสัมพันธ์กันแบบนอนลิ-
-เนียร์ ดังนั้นถ้าเราพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างค่าโวลเตจและกระแสในอุปกรณ์ที่เป็นนอนลิเนียร์ จะ
ไม่เป็นเส้นตรง อุปกรณ์ที่เป็นนอนลิเนียร์ดังกล่าวที่รู้จักกันทั่วๆไป เช่น ไดโอด หรือ ทรานซิสเตอร์
เป็นต้น

ลักษณะของวงจรคลิปเปอร์

โดยปกติแล้วการคลิปสัญญาณบางส่วนออกไปจากสัญญาณเดิมนั้น จะทำเป็นสองลักษณะ
คือ ลักษณะหนึ่งวงจรจะตัดสัญญาณส่วนที่เป็นยอดบวกหรือยอดลบออกไปตามที่กำหนดวงจรที่จะตัดสัญญาณ
ออกนี้ จะทำให้ขนาดสัญญาณที่เอ้าพุทมีค่าจำกัด วงจรชนิดนี้เรียกว่า วงจรลิมิตเตอร์(Limiter)ส่วน
วงจรที่ปรับรูปร่างของสัญญาณแล้วสัญญาณเอ้าพุทจะแสดงเฉพาะส่วนของสัญญาณที่ถูกตัดออกไปนั้น เรา
จะเรียกว่าวงจรคลิปเปอร์ (Clipper Circuit) ดังแสดงในรูปที่ 2.11



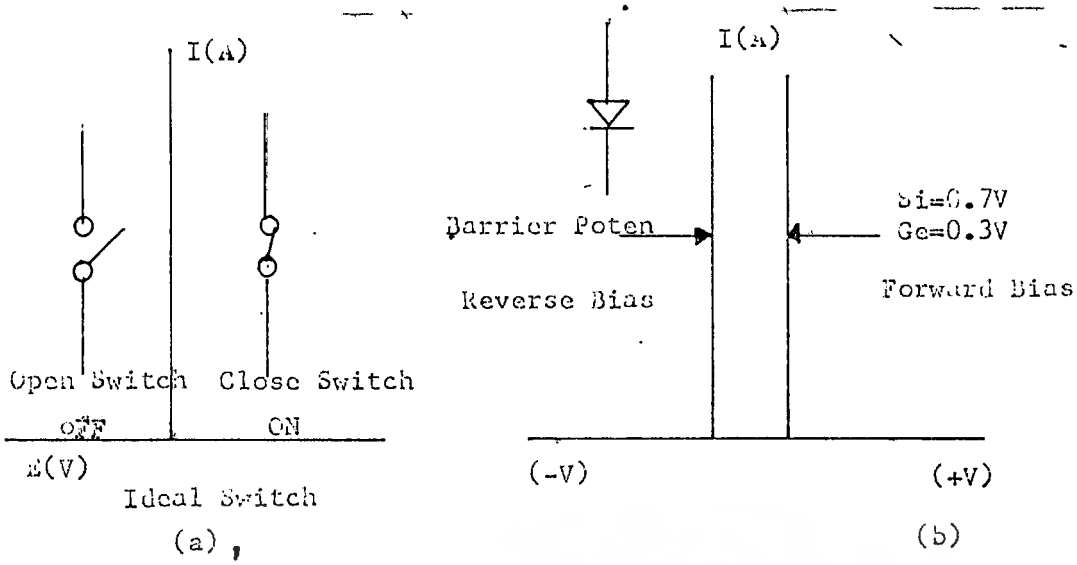
รูปที่ 2.11

อย่างไรก็ตามทั้งวงจรลิมิตเตอร์หรือวงจรคลิปเปอร์ทั้งสองแบบดังกล่าวจะให้สัญญาณ
เอ้าพุทมีขนาดที่จำกัดค่าใดค่าหนึ่ง ดังนั้น เราจะเรียกวงจรทั้งสองแบบนี้ว่า วงจรคลิปเปอร์ทั้งหมด
อุปกรณ์ที่เป็นนอนลิเนียร์ในวงจรคลิปเปอร์ส่วนใหญ่มักจะนิยมใช้อุปกรณ์พวกเซมิคอนดัคเตอร์ไดโอด
เพราะหาง่าย ราคาถูก และสะดวกกว่าแบบอื่นๆ

คุณลักษณะของเซมิคอนดัคเตอร์ไดโอดในทางความคิด(Ideal Semiconductor
Diode)

คุณลักษณะของไดโอดในทางความคิด จะเหมือนกับสวิทช์ปิด-เปิดวงจรอันหนึ่ง ดัง
แสดงในรูปที่ 2.12 เมื่อไดโอดได้รับฟอร์เวิร์ดไบอัสมากกว่า Barrier potential แล้วไดโอดจะ
ทำงานเหมือนกับสวิทช์เมื่อ"ON" เมื่อไดโอดได้รับรีเวอสไบอัสจะทำงานเหมือนสวิทช์เมื่อ"OFF"

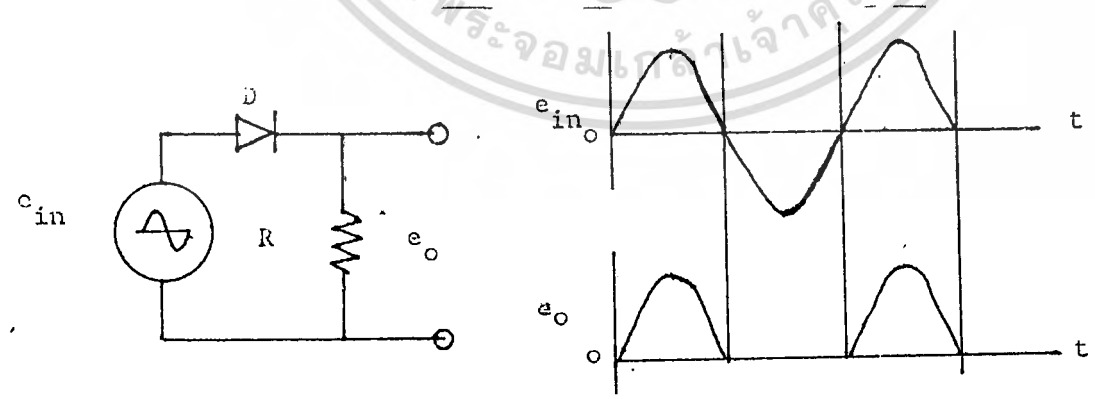
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 Switch Volt-Ampare Characteristic

2.4.2 วงจรคลิปเปอร์แบบซีรี-ไดโอด(Series-Diode Clipper Circuit)

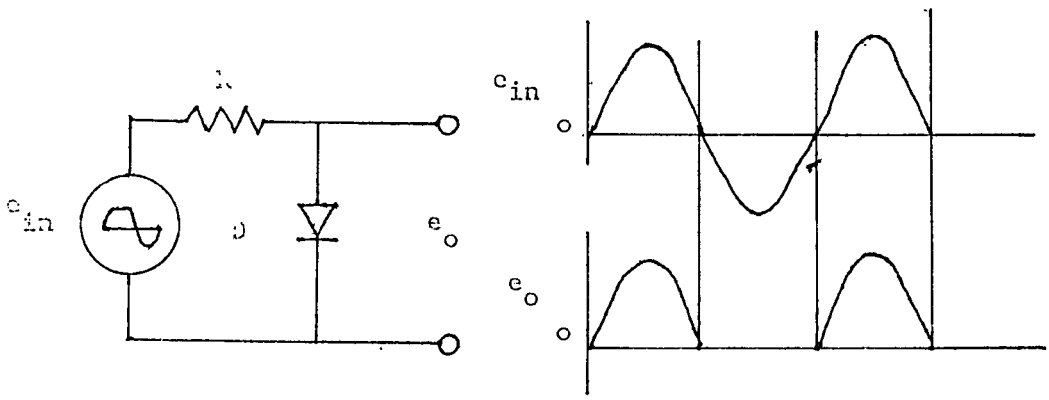
วงจรคลิปเปอร์แบบซีรี-ไดโอดดังแสดงในรูปที่ 2.13 จะมีลักษณะเหมือนกับวงจรเร็คติไฟร์แบบครึ่งคลื่น(Half Wave Rectifier Circuit) เมื่อมีกระแสไหลผ่านความต้านทาน R ก็จะมีโวลเตจตกคร่อมความต้านทาน R ในขณะที่ไดโอดได้รับฟอร์เวิร์ดไบอัสในช่วงขณะนี้ก็จะเสมือนสวิทช์เมื่อ"ON"นั่นเอง นั่นคือในขณะที่สัญญาณอินพุทอยู่ในซีกบวกไดโอดจะได้รับฟอร์เวิร์ดไบอัส จึงมีโวลเตจตกคร่อมความต้านทาน R ในวงจรและในช่วงซีกลบของสัญญาณอินพุทไดโอดจะได้รับรีเวอสไบอัส ก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านความต้านทานเอ้าพุทโวลเตจในช่วงนี้จะเป็นศูนย์ เปรียบเทียบได้กับสวิทช์เมื่อ"OFF"นั่นเอง



รูปที่ 2.13 วงจรคลิปเปอร์แบบซีรีส-ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 วงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอด(Shunt-Diode Clipper Circuit)



รูปที่ 2.14 วงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอด

ลักษณะของวงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอด จะเป็นดังรูปที่ 2.14 เอ้าพุทโวลเตจจะปรากฏเฉพาะในช่วงที่ไดโอดไม่นำกระแสเท่านั้น ในขณะที่ไดโอดนำกระแสไดโอดจะเสมือนลัดวงจรที่เอ้าพุท ดังนั้นสัญญาณที่เอ้าพุทในช่วงที่ไดโอดนำกระแสจึงเป็นศูนย์

คุณสมบัติของไดโอดในทางปฏิบัติ(Practical Characteristic Diode)

คุณลักษณะของไดโอดในทางปฏิบัติแล้วจะเป็นดังรูปที่ 2.15 จะเห็นว่าในส่วนที่ไดโอดเป็นฟอร์เวิร์ดไบอัส กราฟจะไม่เป็นเส้นตรงเลยทีเดียวเหมือนอย่างในทางความคิดแต่ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นโค้ง เนื่องจากไดโอดยังมีความต้านทานภายในปรากฏอยู่ด้วย ค่าความต้านทานนี้เรียกว่าค่าความต้านทานของไดโอดในขณะที่ฟอร์เวิร์ดไบอัส(Rf)ในทำนองเดียวกัน เมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัสไดโอดมิได้หยุดนำกระแสเลยทีเดียวแต่จะมีค่ากระแสจำนวนเล็กน้อยไหลผ่านไดโอดได้ (เป็นไมโครแอมป์) ในขณะนี้ไดโอดจะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งที่มีค่าสูงมาก เรียกว่าค่าความต้านทานในขณะที่รีเวอร์สไบอัส(Rr)

สมการที่ 2.7 เป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจและกระแสในไดโอด สมการนี้ถ้าจัดเครื่องหมายให้ถูกต้อง ก็สามารถนำไปใช้ได้ทั้งขณะที่ไดโอดเป็นฟอร์เวิร์ดไบอัสหรือรีเวอร์สไบอัส คือ

$$I = Ir(\quad -1) \qquad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ I = ค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอด

Ir= ค่ากระแสรีเวอร์สที่จุด Saturate (reverse saturating current)

= ค่าคงที่ 2.718

q = ค่าประจุของอิเล็กตรอน 1.602*10 คูลอมบ์ (C)

K = ค่าคงที่ของโบลท์แมนน์(Boltman's constant)=1.38*10 joules/

AC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T = Absolute Temperature มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน

V = ค่าโวลเตจที่ตกคร่อมไดโอด (V)

KT/q = 26 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซนติเกรด

จะเห็นว่าค่าความต้านทานภายในของไดโอดจะเกี่ยวข้องกับวงจรด้วย ฉะนั้นในการออกแบบวงจรจึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึง ในวงจรคลิปเปอร์ค่าความต้านทานภายในของไดโอดจะเป็นตัวจำกัดค่าความต้านทาน R ที่จะนำมาใช้ในวงจร การเลือกค่าความต้านทาน R มาใช้ในวงจรจะได้อธิบายต่อไป

วงจรไดโอดคลิปเปอร์ในทางปฏิบัติ

จากรูปที่ 2.13 นั้นค่าความต้านทาน R ในวงจรจะต้องมีความสัมพันธ์กับค่าโวลเตจในวงจร ดังนี้

1.ค่าขนาดของเอ้าพุทโวลเตจ จะต้องเท่ากับค่าขนาดของอินพุทโวลเตจเมื่อไดโอดได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัส

2.ค่าขนาดของเอ้าพุทโวลเตจต้องเป็นศูนย์ เมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัสแต่ในทางปฏิบัติจริงๆแล้ว เมื่อไดโอดได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัสจะมีค่าความต้านทานภายในของไดโอดเล็กน้อยปรา-กฏอยู่ไม่ได้เป็นศูนย์เหมือนในทางความคิดดังกล่าวแล้วจึงทำให้วงจรในขณะที่ไดโอดนำกระแสเป็นเสมือนวงจรโวลเตจดิไวเดอร์(Voltage Devider)ทำให้สัญญาณที่เอ้าพุทได้ไม่เท่าขนาดของสัญญาณที่อินพุทตามต้องการ ฉะนั้นในทางปฏิบัติเพื่อให้ขนาดของสัญญาณที่เอ้าพุทมีขนาดเกือบเท่าๆสัญญาณที่อิน-พุท ค่าความต้านทาน R ในวงจรจะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่าความต้านทานของไดโอด(เมื่อไดโอดนำกระแส)มากๆค่าความต้านทาน R ในวงจรจึงต้องมีค่าความต้านทานสูง

โดยนัยกลับกัน เมื่อไดโอดไม่นำกระแสในทางความคิดเราจะถือว่าไดโอดเป็นเสมือนขาดวงจร(Open Circuit)คือมีความเป็นค่าอนันต์(infinity)แต่ในทางปฏิบัติจริงๆแล้วเมื่อไดโอดไม่นำกระแสจะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งปรากฏอยู่ทำให้วงจรกลายเป็นวงจรโวลเตจดิไวเดอร์(เช่นเดียวกับเมื่อเป็นฟอร์เวอร์ดไบอัส)แต่ค่าความต้านทานภายในของไดโอดในช่วงไม่นำกระแสนี้มีค่าสูงมาก ฉะนั้นเมื่อเราต้องการให้ขนาดของเอ้าพุทโวลเตจมีค่าเป็นศูนย์หรือค่าที่เกือบจะเป็นศูนย์แล้ว ค่าความต้านทาน R ในวงจรจะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของไดโอด(ในขณะไม่นำกระแส)มากๆ

จากเงื่อนไขดังกล่าวจะเป็นการจำกัดในการเลือกค่าความต้านทานมาใช้ในวงจรค่าความต้านทานที่จะนำมาใช้ในวงจรจะต้องมีค่ามากกว่าความต้านทานของไดโอดเมื่อนำกระแส(Rf)และมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของไดโอดเมื่อไม่นำกระแส(Rr)ในทางปฏิบัติเราจะเลือกค่าความต้านทาน R เป็นค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต(Geometic Mean)ระหว่างค่า Rf และ Rr นั่นคือ

$$R = Rf*Rr \quad \ldots\ldots(2.8)$$

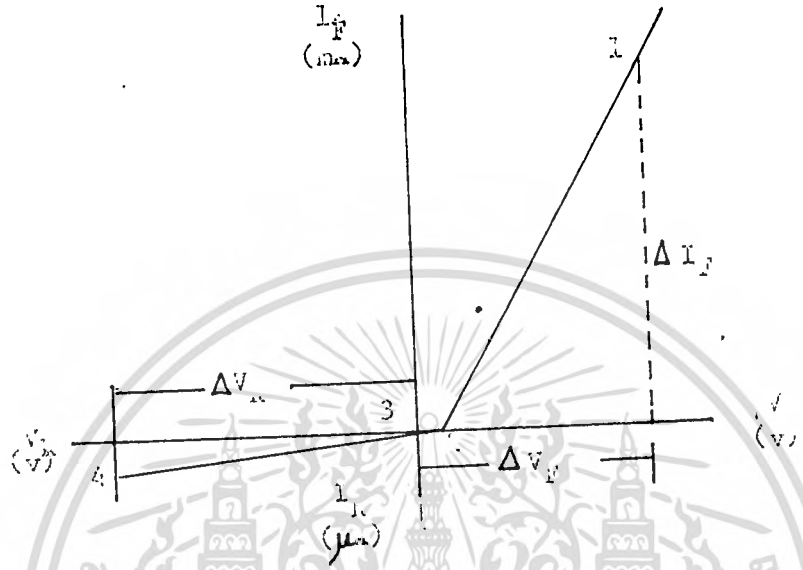
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ R = ค่าความต้านทานที่จะนำมาใช้ในวงจรคลิปเปอร์(ohm)

Rf = ค่าความต้านทานของไดโอดเมื่อนำกระแส(ohm)

Rr = ค่าความต้านทานของไดโอดเมื่อไม่นำกระแส(ohm)

เราจะคำนวณหาค่า Rfนี้ได้ จะต้องทราบค่า RfและRr จากกราฟที่แสดงคุณลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจและกระแสของไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจและกระแสของไดโอด

การคำนวณหาค่า Rf จะคำนวณจากค่าสโลปของเส้นแสดงคุณสมบัติของไดโอดเมื่อเป็นฟอร์เวอร์ดไบอัส(ช่วง 2-1)จะได้

Rf = Vf/ If = V1-V2/I1-I2

ค่ากระแส(I1,I2)และโวลเตจ(V1,V2)จะหาได้จากคู่มือผู้ผลิตไดโอด เช่น ไดโอดเบอร์ 1N 914 จากคู่มือท้ายเดล่ม(ในภาคผนวก)จะได้ Vf1 = 1Vdc.,If1 = 1mA.,I2 = 0, V2 = 0 นั่นคือ Rf = V1-V2/I1-I2 = 1-0/10mA.-0

= 1/10mA. = 100 ohm.

ส่วนค่า Rr ก็จะหาจากเส้นแสดงคุณสมบัติของไดโอดในช่วงรีเวอร์ดไบอัสเช่นเดียวกัน (ในช่วง3-4) Rr = VR/IR = V4-V3/I4-I3

ตัวอย่างเช่นไดโอดเบอร์ 1N 914 จากคู่มือผู้ผลิต(ในภาคผนวก) จะได้I4=5 uA, I3 = 0,V4 = 75V.,V3 = 0

VR = 75-0/5uA-0 = 15 M ohm.

เมื่อเราทราบค่า Rf และ Rr ของไดโอด เราก็จะสามารถคำนวณหาค่าที่จะนำมาใช้ในวงจรได้คือ R = RfRr = 100*15M ohm =38.8 Kohm.

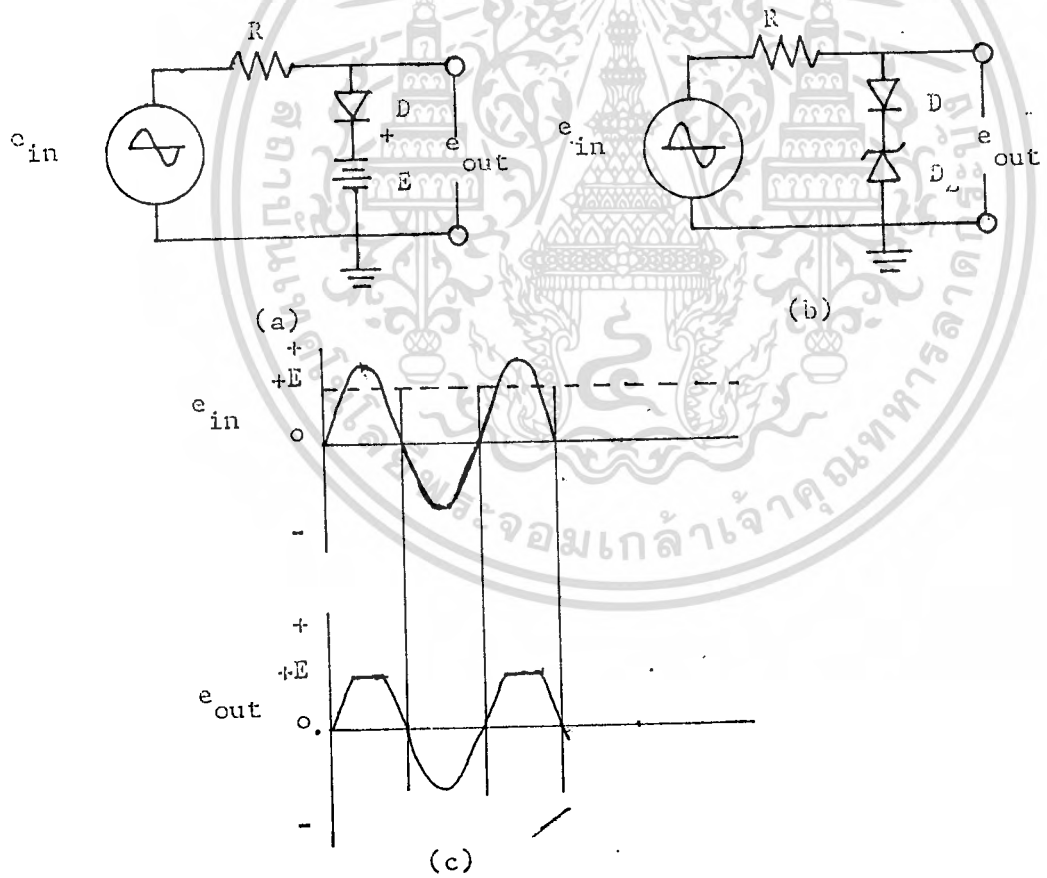
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ค่า R ให้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน นั่นคือ เลือกใช้ค่าความต้านทาน 39 K ohm.

การคำนวณหาค่าความต้านทาน R โดยวิธีนี้เป็นการหาค่าโดยประมาณเท่านั้น สำหรับช่างเทคนิคสามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ยากนัก สำหรับการคำนวณที่ละเอียดจริงๆจะคำนวณได้จาก Diode Equation

2.4.4 วงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอดชนิดไม่มีไบอัส(Biased Shunt-Diode Clipper)

วงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอดชนิดที่ไม่มีแบตเตอรี่ไบอัส แสดงในรูปที่ 2.16(a) เมื่อไดโอด D ได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัส (จะมีลักษณะเหมือนสวิทช์"ON") ค่าเอ้าพุทโวลเตจจะมีค่าเท่ากับแรงไฟจากแบตเตอรี่(+E Volts) เมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์ดไบอัส(จะมีลักษณะเหมือนสวิทช์"OFF") สัญญาณเอ้าพุทจะมีค่าเท่ากับสัญญาณอินพุท และเมื่อสัญญาณอินพุทเป็น 0 ทางด้านอินพุทจึงเสมือนลัดวง--จรอยู่ (Short circuit)แบตเตอรี่ซึ่งมีแรงไฟเท่ากับ E โวลท์ จะทำให้ไดโอดได้รับรีเวอร์สไบ--อัส ทำให้ไดโอดเป็นเสมือนวงจรเปิด(Open circuit) สัญญาณที่เอ้าพุทก็จะมีค่าเท่ากับสัญญาณที่อินพุท คือ 0 โวลท์



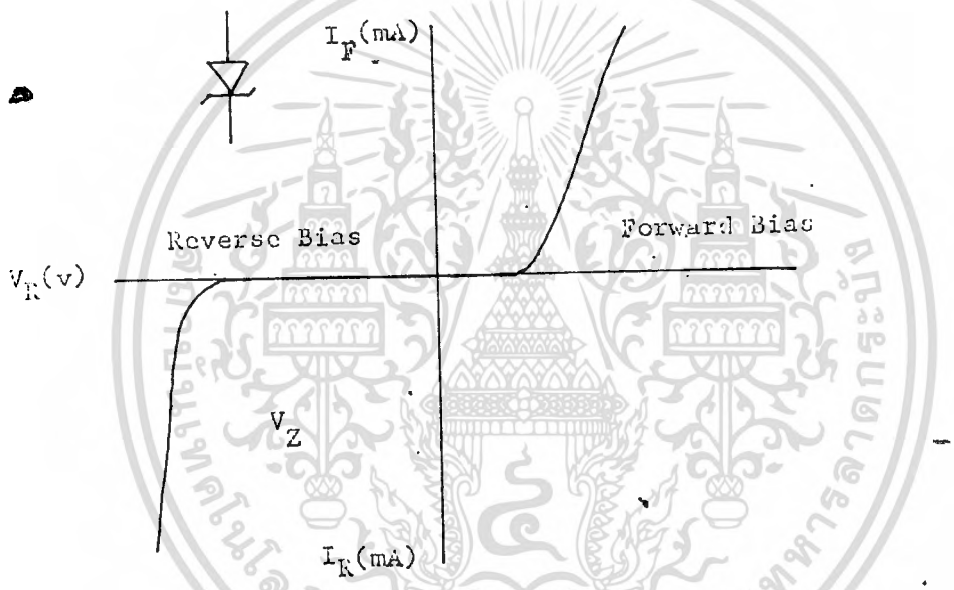
รูปที่2.16

พิจารณา เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นรูปซายเวฟในช่วงซีกลบของสัญญาณอินพุท สัญญาณอินพุทจะเสมือนต่ออันดับกับแรงไฟจากแบตเตอรี่(+E)ทำให้ไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัสมากขึ้น ไดโอดจะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกระแสในช่วงนี้ ทำให้วงจรเป็นเสมือน open circuit สัญญาณอินพุทในซีกลบจึงปรากฏที่เอ้าพุทของวงจรได้ ในทางตรงกันข้าม เมื่อสัญญาณอินพุทอยู่ในซีกบวกค่าโวลเตจของสัญญาณอินพุทจะหักล้างกับค่าแรงไฟจากแบตเตอรี่ได้เป็นแรงไฟที่จะไบอัสให้กับไดโอดฉะนั้นถ้าแรงไฟอินพุทมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงไฟจากแบตเตอรี่(+E) ไดโอดก็จะได้รับรีเวอร์สไบอัสอยู่เหมือนเดิมสัญญาณที่อินพุทในช่วงนี้จึงปรากฏที่เอ้าพุทได้(เพราะไดโอดเป็นเสมือนสวิทช์"OFF") แต่ถ้าสัญญาณอินพุทในซีกบวกของสัญญาณมีค่ามากกว่าแรงไฟจากแบตเตอรี่แล้ว จะทำให้ไดโอดได้รับฟอร์เวอร์สไบอัสทันทีไดโอดจะเสมือนสัดวงจรเอ้าพุทที่ได้จะมีค่าคงที่เท่ากับแรงไฟจากแบตเตอรี่(+E โวลท์)

การให้ไบอัสไดโอดในวงจรคลิปเปอร์นั้น นอกจากจะให้โดยใช้แบตเตอรี่แล้วสามารถใช้ซีเนอร์ไดโอด(Zener diode)แทนได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 คุณลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าโวลเตจและค่ากระแสในซีเนอร์ไดโอด จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 Zener Diode Volt-Ampere Characteristic

จากรูปที่ 2.17 จะเห็นว่าเมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส จะมีลักษณะเหมือนไดโอดธรรมดาทั่วๆไป ส่วนเมื่อเป็นรีเวอร์สไบอัสนั้น ในช่วงแรกๆจะเหมือนกับไดโอดธรรมดา เมื่อได้รับรีเวอร์สไบอัส แต่เมื่อเราเพิ่มแรงไฟรีเวอร์สไบอัสจนถึงค่าๆหนึ่ง คือแรงไฟซีเนอร์(Vz) จะทำให้ซีเนอร์ไดโอดกลับนำกระแสขึ้นมาอย่างมากมาย มีลักษณะเหมือนสวิทช์เมื่อ"ON" เลยทีเดียว ซึ่งค่ากระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดในช่วงนี้จะต้องจำกัดไว้ด้วยความต้านทานภายนอก

เมื่อเราใช้ซีเนอร์ไดโอดมาต่อแทนแบตเตอรี่ในวงจรคลิปเปอร์ดังรูป 2.16(b)นั้น เมื่อสัญญาณซีกลบของอินพุทปรากฏจะทำให้ซีเนอร์ไดโอดได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส(เสมือนOpen Switch และไดโอด จะได้รับรีเวอร์สไบอัส(เสมือน Close Switch) ดังนั้นลักษณะการทำงานของไดโอด D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และซีเนอร์ไดโอด Dz จึงเป็นเสมือนสวิทช์สองตัวต่ออันดับกัน ฉะนั้นในช่วงซีกลบของสัญญาณอินพุทนี้จะได้ค่าโวลเตจที่เอ้าพุทเหมือนกับสัญญาณอินพุททุกประการ ต่อมาในซีกบวกของสัญญาณอินพุทเข้ามาและมีค่าต่ำกว่าค่าซีเนอร์โวลเตจ(Vz)ของซีเนอร์ไดโอด ทำให้วงจรเป็นเสมือน open switch ที่ซีเนอร์ไดโอดและ close switchที่ซีเนอร์ไดโอด(D) ฉะนั้นในช่วงนี้สัญญาณที่เอ้าพุทจึงมีค่าเท่ากับสัญญาณที่อินพุท ตราบจนกระทั่งค่าแรงไฟที่สัญญาณอินพุทมีค่าสูงกว่าซีเนอร์โวลเตจของซีเนอร์ไดโอดเมื่อใดแล้วจะทำให้ไดโอด(D)และซีเนอร์ไดโอด(Dz)นำกระแสทั้งสองตัว สัญญาณที่เอ้าพุทจึงมีค่าเท่ากับซีเนอร์โวลเตจของซีเนอร์ไดโอดตลอดเวลา เสมือนหนึ่งมีแบตเตอรี่ที่มีค่าแรงไฟ +Vz ต่ออยู่สัญญาณที่เอ้าพุทของวงจรจึงมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณเอ้าพุทที่ได้จากวงจรคลิปเปอร์แบบแบตเตอรี่ไบ--อัสทุกประการ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในเรื่องของวงจรคลิปเปอร์คือ ในวงจรคลิปเปอร์แบบซีรีส์ไดโอดนั้นเมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัสนั้น จะมีค่าคาปาซิแตนท์ระหว่างรอยต่อของไดโอดซึ่งจะเป็นตัวผ่านสัญ--ญาณที่ความถี่สูงๆได้ และในทำนองเดียวกันกับวงจรคลิปเปอร์แบบชันท์ไดโอด เมื่อไดโอดไม่นำกระแสค่าคาปาซิเตอร์ของรอยต่อของไดโอดจะเป็นทางผ่านของสัญญาณความถี่สูงได้ ฉะนั้นเวฟฟอร์มของสัญญาณเอ้าพุทที่ได้ จึงอาจจะโค้งมนเล็กน้อยในส่วนที่สัญญาณอินพุทเป็นยอดแหลมหรือหักมุม ทั้งนี้เพราะการสูญเสียที่สัญญาณความถี่สูงอันเนื่องมาจากค่าคาปาซิแตนท์ภายในของไดโอดดังกล่าว

2.4.5 วงจรแคลมเปอร์(CLAMPER CIRCUIT)

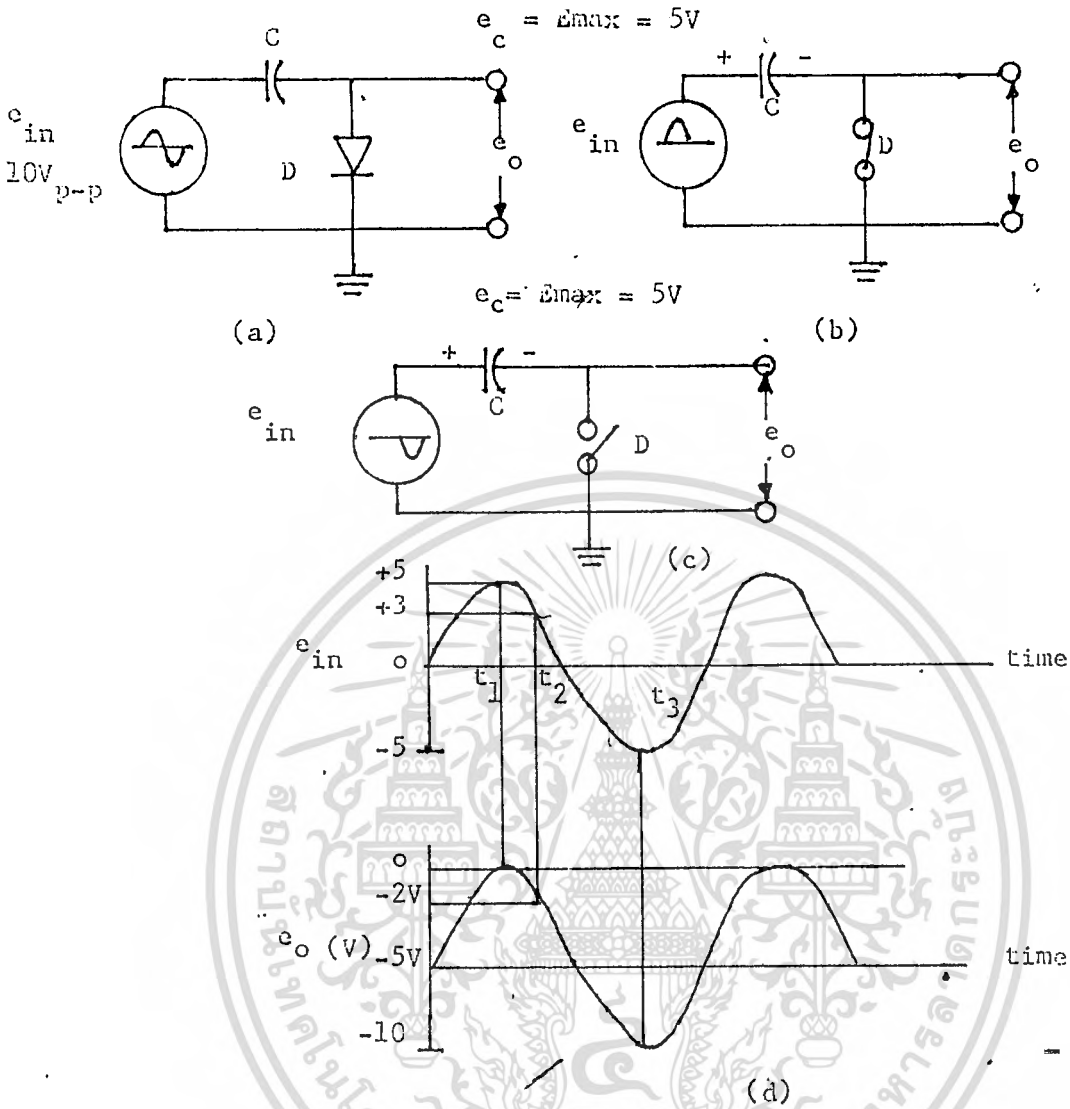
เป็นวงจรที่จะเพิ่มค่า D.C. โวลเตจให้กับสัญญาณ A.C. บางครั้งเราจะเรียกวงจรนี้ว่าวงจร ดี.ซี. เรสเตอเรอร์(D.C.Restorer)หรือวงจร ดี.ซี.อินเวอทเตอร์(D.C.Inverter) สัญญาณเอ.ซี.ที่จะใส่ระดับสัญญาณ ดี.ซี เข้าไปในสัญญาณจะเป็นสัญญาณรูปซายเวฟ หรือสัญญาณพัลซ์ใดๆก็ได้ ในทางทฤษฎีหรือในทางความคิด สัญญาณที่ผ่านวงจรแคลมเปอร์จะเปลี่ยนระดับดี.ซีโวลเตจของสัญญาณที่ป้อนเข้าไปเท่านั้นส่วนรูปร่างของสัญญาณจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแต่อย่างใด

การทำงานของวงจรแคลมเปอร์ในทางความคิด

ลักษณะของวงจรแคลมเปอร์แบบง่ายๆจะเป็นดังรูปที่ 2.18(a) เป็นวงจรที่จะเปลี่ยนระดับค่า ดี.ซี โวลเตจของสัญญาณในทางลบ(Negative Voltage)การวิเคราะห์วงจรในตอนนี้จะถือว่าไดโอดมีคุณสมบัติแบบ Ideal Diode

พิจารณารูปที่ 2.18(a) ที่เวลา $\pm$1 สัญญาณอินพุทมีขนาด +5V เทียบกราวด์ ไดโอด D จะได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส จึงเป็นเสมือนสวิทช์เมื่อ"ON" ดังนั้นแรงไฟ 5V ก็จะไปประจุอยู่ที่คาปาซิเตอร์ C โดยมีขั้วแวก-ลา ตามที่แสดงไว้ดังรูป 2.18(b) ในช่วงเวลานี้สัญญาณที่เอ้าพุทจะมีค่าเป็นศูนย์โวลท์ ที่เวลา t2 สัญญาณอินพุทลดลงมาเป็น +3V รวมกับแรงไฟที่ประจุไว้ในคาปาซิเตอร์ +5V แรงไฟทั้งสองจะหักล้างกัน(เพราะมีขั้วตรงกันข้าม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



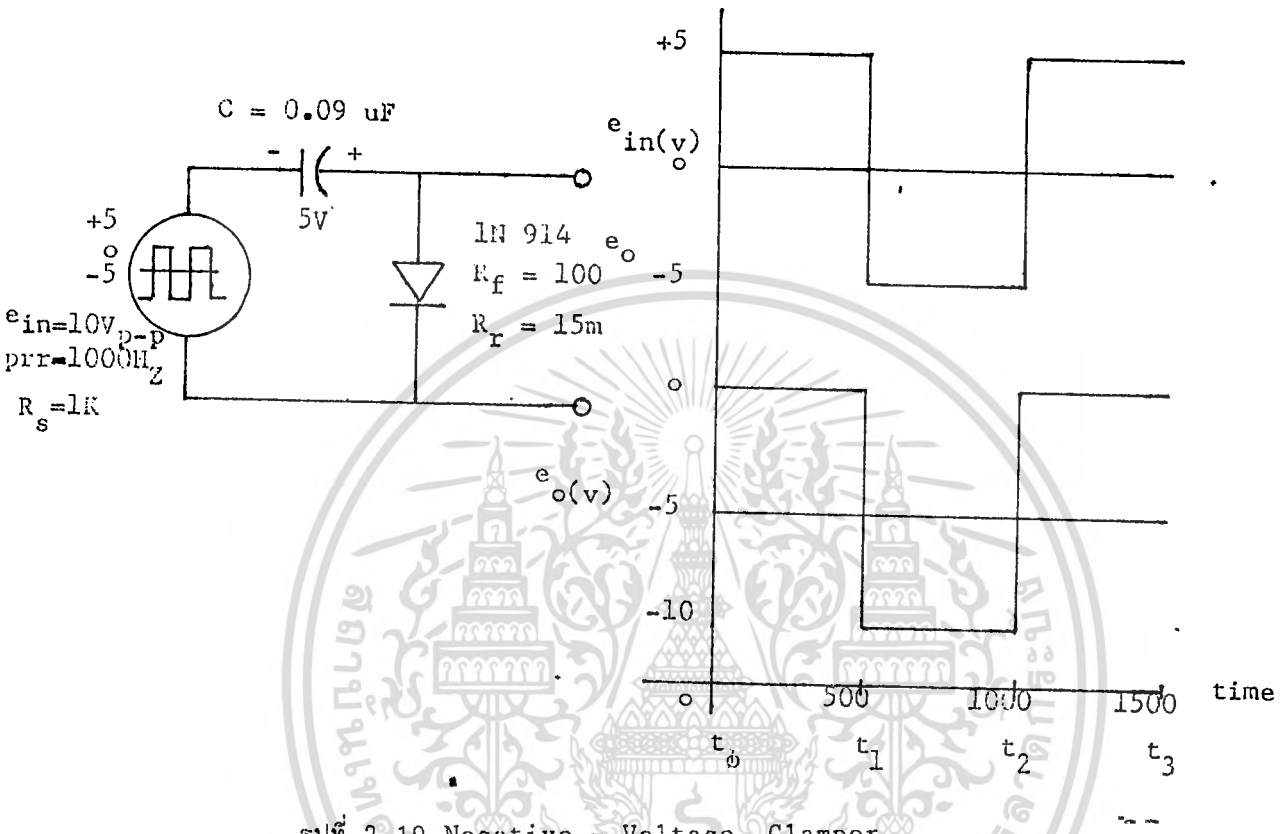
รูปที่ 2.18

ดังนั้นไดโอดจะได้รับรีเวอร์สไบอัสตกคร่อมไดโอด -2V. ไดโอดจึงเป็นเสมือนสวิทช์ที่ OFF อยู่แรงไฟที่เอ้าพุทในขณะนี้จะเป็น -2V. และเมื่อสัญญาณอินพุทเป็นศูนย์ ไดโอดจะได้รับแรงไฟรีเวอร์สไบอัสจากแรงไฟที่ประจุในคาปาซิเตอร์(-5V) ขณะนี้แรงไฟที่เอ้าพุทจะเป็น -5V. ต่อมาที่เวลา t3 สัญญาณที่อินพุทมีขนาด -5V. รวมกับแรงไฟที่ประจุในคาปาซิเตอร์อีก -5V. ฉะนั้นไดโอดจะได้รับรีเวอร์สไบอัสที่ -10V. สัญญาณที่เอ้าพุทจึงมีค่าเท่ากับ -10V. จะเป็นเช่นนี้เรื่อยๆไปในช่วงสัญญาณอินพุทต่อๆมา จากรูปเวฟฟอร์มของสัญญาณเอ้าพุทในรูป 2.18(d) จะเห็นว่าระดับ ดี.ซี. โวลท์เตจของสัญญาณเอ้าพุทจะอยู่ที่ -5V. ซึ่งหมายความว่าเราได้แคลมป์(Clamped)หรือแขวนสัญญาณ เอ.ซี ทางอินพุทไว้ที่ -5V ได้โดยที่รูปร่างของสัญญาณไม่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

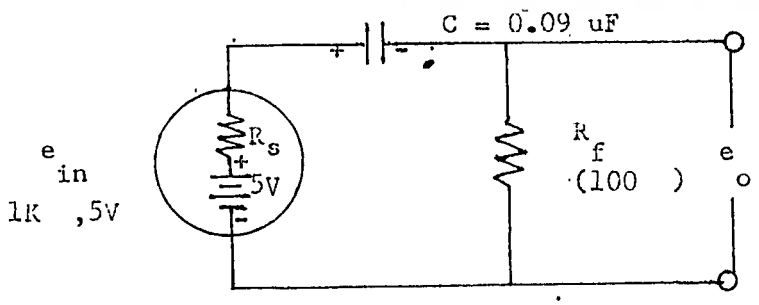
การทำงานของวงจรแคลมเปอร์ในทางปฏิบัติ

การออกแบบวงจรแคลมเปอร์ในทางปฏิบัตินั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไดโอด คือ Rr และ Rf และค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายสัญญาณที่อินพุท(Rs) และนอกจากนั้นเราต้องทราบค่าความถี่ของสัญญาณ(ในกรณีที่เป็นสัญญาณรูปซายเวฟ)หรือค่า Pulse Repetition Rate (ในกรณีที่เป็นสัญญาณรูปสแควเวฟ) เพื่อจะเลือกค่าคาปาซิเตอร์ C ในวงจรด้วย



รูปที่ 2.19 Negative - Voltage Clamper

ตัวอย่างเช่น วงจรในรูป2.19 ค่าระยะเวลาที่ไดโอดนำกระแส(ON)จะต้องนานพอที่จะให้แรงไฟที่อินพุท สามารถประจุไว้ในคาปาซิเตอร์ C ได้ถึงค่าสูงสุดของสัญญาณในช่วงระยะเวลานี้ วงจรจะมีลักษณะเหมือนวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ ที่มีค่า Short time constant(เมื่อคิดค่า Rf ของไดโอด และ Rs ของแหล่งจ่ายดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาปาซิเตอร์ C จะเก็บประจุผ่าน Rf และ Rs ให้ได้ค่าโวลเตจเท่ากับค่าโวลเตจสูงสุดของสัญญาณอินพุท จะต้องใช้เวลาประมาณ 5 เท่าของค่าไทม์คอนสแตนท์ของวงจร นั่นคือในช่วงเวลา t0+ ถึง t1- (ระยะเวลาของพัลซ์อินพุท tp) จะต้องมีค่าเท่ากับ 5 เท่าของค่าไทม์คอนสแตนท์ของวงจร

นั่นคือ Prt = 1/prr = 1/1000 =1000 uS.

tp = prt/2 = 1000 uS/2 = 500 uS.

tp = 5

= tp/5 = 500uS./5 = 100 uS.

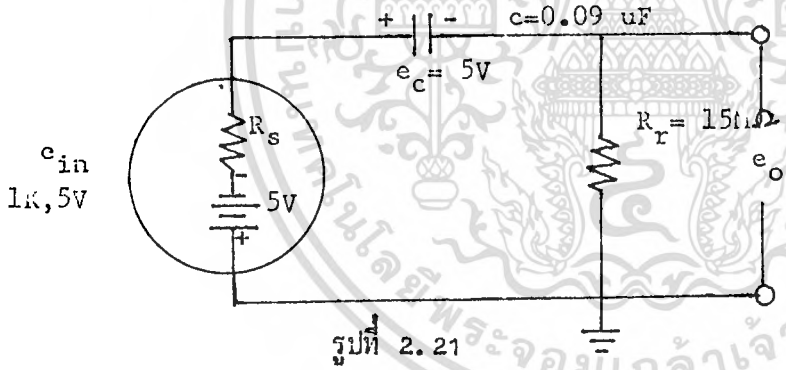
=(Rf+Rs)C

C = /Rf+Rs = 100*10/100+1000

= 0.0908 uF.

ถ้าเลือกค่า C ให้มีค่าประมาณเท่ากับ 0.09 uF. หรือน้อยกว่า คาปาซิเตอร์จะสามารถเก็บประจุได้ถึง 5V. ในระยะเวลา tp ที่กำหนด

ในช่วงระยะเวลา t1 ถึง t2 ไดโอดจะได้รับรีเวอร์สไบอัส ในขณะนี้ไดโอดจะแทนด้วยความต้านทาน Rr ซึ่งมีค่าสูงมาก ลักษณะวงจรในขณะนี้จึงเป็นเสมือนวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์แบบLong time constant Circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21

จากรูปที่ 2.21 เป็นวงจรแคลมเปอร์ในขณะช่วงเวลา t1+ ถึง t2- ในช่วงเวลา t1+ จะมีโวลเตจประจุอยู่ในคาปาซิเตอร์เท่ากับ 5V. และเมื่ออินพุทโวลเตจมีค่า -5V. คาปาซิเตอร์จะเก็บประจุจาก +5v. ผ่าน Rs ผ่าน Rs,-5V. กินพุทโวลเตจ และ Rr ค่าโวลเตจที่ประจุในคาปาซิเตอร์ที่เวลา t2 จะหาได้จากสมการที่ 2.3 นั่นคือ

ec = E-(E+Eco) (2.3)

E = อินพุทโวลเตจในช่วงเวลาt1+ถึงt2- = 5V.

Eco = ค่าโวลเตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ในช่วงเวลาt1+= 5V.

t = ช่วงระยะเวลาระหว่าง t1+ และ t2- = 500u Sec.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = (Rs+Rr) = 1*10 +15*10 = 15M ohm

C = 0.09 uF.

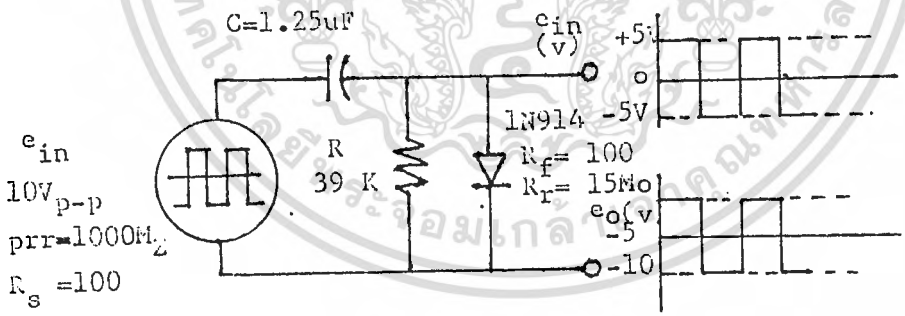
ec = -5(-5-(+5))

= 4.999 V.

= 5V.

จากการคำนวณข้างต้นนี้ แสดงให้เห็นแม้ว่าในขณะที่ไดโอดได้รับบริเวอร์สไบอัสหรือสัญญาณอินพุทที่มีค่าเป็นลบ ค่าโวลเตจที่ประจุในคาปาซิเตอร์จะมีค่าเท่ากับ +5V. เหมือนเดิมในช่วงเวลา t0 ถึง t1

จากการวิเคราะห์วงจรแคลมเปอร์ ในรูปที่ 2.19 นั้น สัญญาณที่เข้าพุทจะถูกแคลมป์ที่ค่าคงที่ตลอดเวลา เมื่อสัญญาณอินพุทมีขนาดคงที่เท่านั้นแต่ถ้าสัญญาณอินพุทมีขนาดไม่คงที่เช่นในไซเกิ้ลต่อๆมาอาจจะมีค่าแอมปลิจูดลดลง เนื่องจากคาปาซิเตอร์จะเก็บค่าประจุของโวลเตจสูงสุดของสัญญาณในช่วงไซเกิ้ลแรกของสัญญาณอินพุท และมีค่าคงที่ตลอดเวลา ดังนั้น ในช่วงไซเกิ้ลต่อๆมาสัญญาณอินพุทอาจจะมีขนาดลดลง ค่าโวลเตจที่ประจุในคาปาซิเตอร์ไม่มีโอกาสที่จะลดลงตามได้ เพราะไม่มีทางที่จะคายประจุออกได้ สัญญาณที่เข้าพุทในขณะนี้อาจจะถูกแคลมป์ที่โวลเตจเป็นลบแทนที่จะเป็นที่ศูนย์โวลท์ในทางปฏิบัติ เพื่อไม่ให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ได้ และให้สัญญาณที่เข้าพุทถูกแคลมป์ที่ศูนย์ตลอดเวลา แม้ว่าขนาดของสัญญาณอินพุทจะเปลี่ยนแปลงไป ค่าโวลเตจที่ประจุในคาปาซิเตอร์ควรมีค่าเท่ากับ Emax ของสัญญาณอินพุทในทุกๆไซเกิ้ลของสัญญาณ จึงต้องต่อความต้านทานตัวหนึ่งขนานกับไดโอดเพื่อเป็นทางผ่านของประจุในคาปาซิเตอร์ จะเป็นดังรูปที่ 2.22



รูปที่2.22

ค่าความต้านทาน R จะต้องมีค่ามากกว่าค่า Rf มากๆและมีค่าน้อยกว่า Rr มากๆในทางปฏิบัติเราจะเลือกใช้ค่าเฉลี่ยระหว่าง Rf และ Rr นั่นคือ

R = Rf*Rr.....(2.4)

R = 100*15*10

= 39 K ohm.

เมื่อต่อค่าความต้านทาน R ขนานกับไดโอดในวงจรแคลมเปอร์แล้วจะทำให้ค่าไทม์-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-คอนสแตนท์ของวงจร เปลี่ยนแปลงไปด้วย เนื่องจากค่าคาปาซิเตอร์ในวงจรคำนวณได้ ดังนั้นค่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ในวงจรจะต้องคำนวณหาใหม่จากค่าไทม์คอนสแตนท์ของวงจร เมื่อค่าคาปาซิเตอร์คายประจุผ่านความต้านทาน R ขนานกับความต้านทานของไดโอด เมื่อเป็นรีเวอร์สไบอัส(Rr)นั่นคือ

$= (Rs + R\ Rr/R+Rr)C$

$R\ \ Rr$

$R\ Rr/R+Rr \quad = R$

$= (Rs + R)\ C$

$= (1*10 +39*10\ )C$

$= (40*10\ )\ C$

ค่าไทม์คอนสแตนท์( )นี้จะต้องมีค่ามากกว่า เวลาที่ไดโอดเป็นรีเวอร์สไบอัสอย่างน้อย 10 เท่า

นั่นคือ $= 100\ tp$

$= 100*500\ uS \qquad =50000\ uS.$

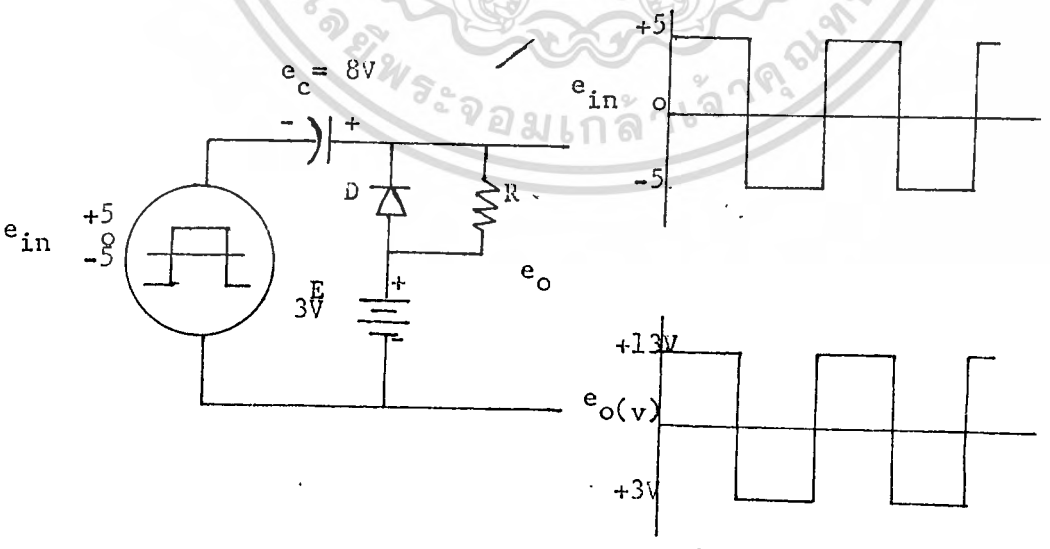
$= 50\ mS.$

$= (40*10\ )C$

$C = \quad /40*10 \qquad =50*10\ /40*10$

$= 1.25\ uF.$

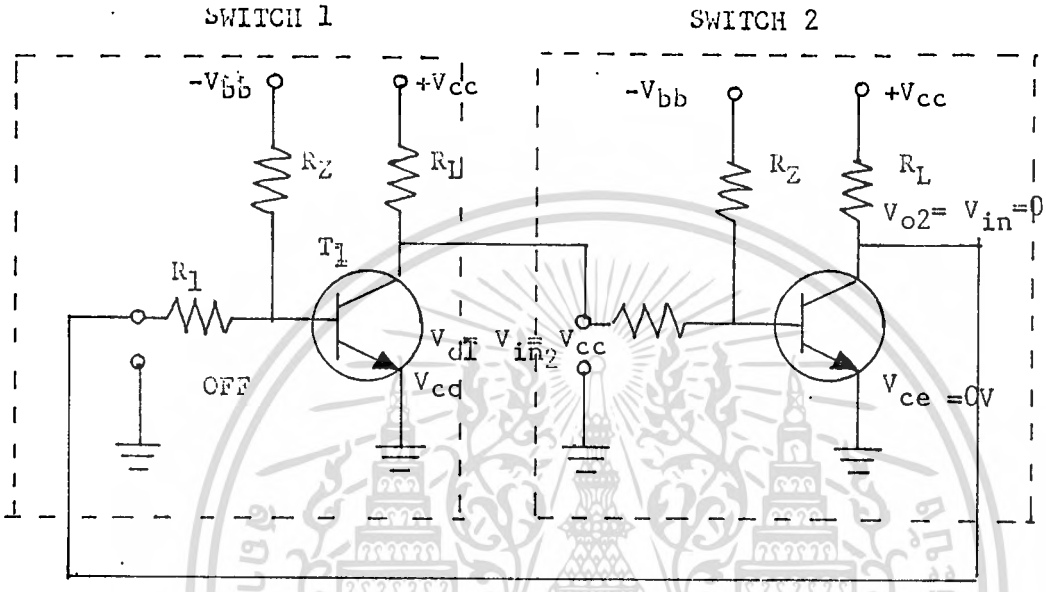
จากวงจรแคลมเปอร์ธรรมดา เราสามารถจะดัดแปลงให้เป็นวงจรแคลมเปอร์แบบมีไบอัสได้ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเบื้องต้นของวงจรอิมิตเตอร์-คัปเปิล ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ แสดงในรูปที่ 2.27 ข้อกำหนดของวงจรนี้ก็เหมือนกับวงจรคอลเลคเตอร์-คัปเปิล ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ คือ เมื่อทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่ง ON หรือนำกระแสถึงจุดอิ่มตัว ทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่งจะอยู่ในสภาวะ OFF หรือคัทออฟ และจะคงสภาวะเช่นนี้อยู่ตลอดไปจนกว่า จะมีแรงไฟจากภายนอกมากระตุ้นให้วงจรหรือให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองเปลี่ยนสภาวะ ในช่วงระยะเวลาที่วงจรเปลี่ยนสภาวะวงจรจะทำงานในย่าน แอคทีฟในคลาส เอ. ทำให้การเปลี่ยนสภาวะของวงจรเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากอัตราการขยายที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโพสซิตีฟฟีดแบค



At cut-off At saturation

รูปที่ 2.27 Emitter Coupled Bistable Multivibrator

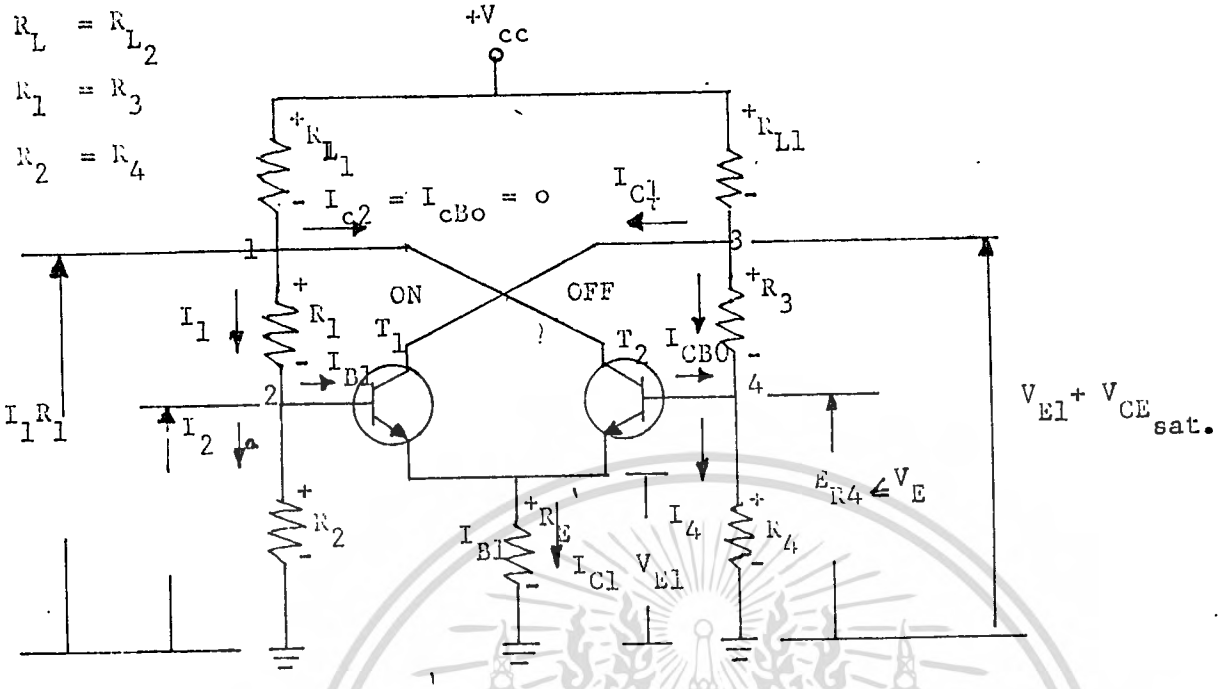
2.6.2 การทำงานของวงจร

จากการทำงานเบื้องต้นของอิมิตเตอร์ คัปเปิลมัลติไวเบรเตอร์ในรูป 2.27 เราสามารถนำมาเขียนใหม่ให้ดูง่ายขึ้น โดยจัด R1,R2 และ R3,R4 อยู่ในรูปของวงจรโวลเตจดิไวเดอร์ จะได้ดังรูปที่ 2.28

ความสัมพันธ์ของวงจรโวลเตจดิไวเดอร์ R1,R2 และ R3,R4 กับแรงไฟที่ตกคร่อมที่ความต้านทานที่อิมิตเตอร์(RE) จะเป็นตัวกำหนดสภาวะของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวว่าจะอยู่ในสภาวะใด สมมติว่าในสภาพปกติ ทรานซิสเตอร์ T1 ON ที่จุดอิ่มตัว และ T2 OFF ที่จุดคัทออฟกระแสกิมิต-เตอร์ของ T1 จะไหลผ่าน RE ทำให้เกิดแรงไฟตกคร่อม RE เป็น VE1 แรงไฟนี้จะมีขั้วหรือทิศทางที่จะทำให้เกิดรีเวอร์สไบอัสกับทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R2 จาก Vcc จะทำให้เกิดแรงไฟตกคร่อม R2 ซึ่งค่าแรงไฟที่ตกคร่อม R2นี้จะเป็นฟอร์เวอร์สไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ T1 ให้ ON ได้ ดังนั้นแรงไฟที่ตกคร่อม R2 จะต้องมีค่ามากกว่าแรงไฟที่ตกคร่อม RE รวมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vbe sat ในช่วงเวลานี้จะทำให้ T1 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว(ON)ได้และเมื่อกระแสที่คลอเลคเตอร์



รูปที่ 2.8

ของ T1 ถึงจุดอิ่มตัวแรงไฟที่ตกคร่อม RE เนื่องจากกระแสอิมิตเตอร์ของ T1 จะให้แรงไฟรีเวอร์สไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์ทั้งสอง แรงไฟดังกล่าวนี้จะต้องทำให้ทรานซิสเตอร์ T2 ได้รับรีเวอร์สจนกระ--ทั่งคัทออฟได้ ซึ่งแรงไฟที่ตกคร่อม R4 ถ้ามีค่าน้อยกว่าแรงไฟที่ตกคร่อม RE แล้ว ทรานซิสเตอร์ T2 ก็จะออฟ เพราะว่าค่าแรงไฟรีเวอร์สไบอัสที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์คัทออฟจะมีค่าประมาณ 0V.

จากวงจรรูปที่ 2.28 ถ้าเราต่อสายจากจุด 2 ช็อทลงกราวด์ชั่วขณะหนึ่งทำให้แรงไฟฟอร์เวอร์สไบอัสของ T1 หมดไป T1 จะเปลี่ยนสภาวะไปสู่สภาพ OFF ค่าคอลเลคเตอร์โวลเตจของ T1 จะเพิ่มขึ้นไปสู่ค่า Vcc ทำให้แรงไฟที่จุด 4 เป็นบวกมากขึ้นและทำให้ได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส T2 จะเปลี่ยนสภาวะไปสู่สภาพ T2 ในช่วงเวลานี้ แม้ว่าจะเอาสายที่ต่อลงกราวด์ที่จุด 2 จะเอาออกไป แล้วแรงไฟที่จุด 1 จะมีค่าลดลง ทำให้แรงไฟที่จุด 2 เป็นบวกน้อยลง จนกระทั่ง T1 จะอยู่ในสภาพ OFF และ T2 จะอยู่ในสภาพ ON เป็นการเปลี่ยนสภาวะของวงจรโดยการใช้แรงไฟกระตุ้นจากภายนอก วงจรนี้จะคงสภาวะอยู่เช่นนี้จนกว่าจะมีการกระตุ้นใหม่อีก

2.6.3 ข้อดีของวงจรอิมิตเตอร์-คัปเปิลไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

1. วงจรต้องการโวลเตจชัปพลายเพียงตัวเดียว

2. วงจรสามารถทำงานที่คุณหภูมิสูงๆได้ เนื่องจากรีเจนเนเรทีฟ จากแรงไฟที่ตกคร่อม RE ทำให้วงจรมีความคงที่มากขึ้น(Stable)

3. การทริกเกอริ่งไม่ต้องใช้ Steering Diode สามารถทำได้โดยป้อนสัญญาณทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกอริ่งพัลซ์ตกคร่อม RE

4.สามารถทำให้วงจรมีความคงที่ได้ โดยการต่อคาปาซิเตอร์คร่อมดังแสดงในรูปที่ 2.27 ซึ่งจะทำได้เนื่องจากแรงไฟที่ตกคร่อม RE จะทำให้เกิดแรงไฟรีเวอร์สไบอัสให้กับวงจร เพื่อให้แรงไฟนี้มีค่าคงที่ในระหว่างที่วงจรเปลี่ยนสภาวะ เราจึงต่อคาปาซิเตอร์ CE คร่อมไว้กับตัวต้านทาน RE และทริกเกอร์พัลซ์ป้อนเข้าที่เบสหรือคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว ค่าไทม์คอนสแตนท์ของ CE,RE จะมีค่าประมาณ 5 เท่าของช่วงระยะเวลาสวิทชิ่ง(Switching Time)

2.6.4 ข้อเสียของวงจร

1.การสวิงของเอ้าพุทโวลเตจจะมีค่าต่ำลง เนื่องจากแรงไฟที่ตกคร่อม RE

2.วงจรต้องใช้เพาเวอร์สูง

3.จะต้องใช้ทริกเกอร์พัลซ์ที่มีแอมปลิจูดสูงมากกระตุ้นให้วงจรเปลี่ยนสภาวะ(State)

ตัวอย่างการออกแบบวงจร

ต้องการออกแบบวงจรอิมิตเตอร์-คัปเปิล ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ดังแสดงในรูป กำหนดคุณสมบัติดังนี้

eo = 10 Vpeak

Ic = 20 mA.

สิ่งที่กำหนดให้

Siligon NPN Transistor (2) hfe min = 15

Icbo = 0

15 V.d.c Source (1)

สมมติให้

Vbe off = -0.5 V.

Typical values for junction voltage.

ลำดับขั้นการคำนวณ

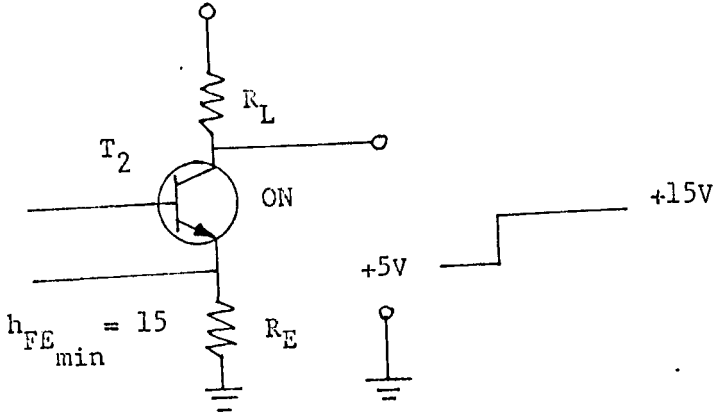
1.คำนวณหาค่า(RL+RE)จาก On Transistor circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.29

2.คำนวณหาค่า RE จาก On Transistor circuit ดังรูปที่ 2.29

3.คำนวณหาค่า RL จาก On Transistor circuit ดังรูปที่ 2.29

4.จากวงจรในรูปที่ 2.27 ที่กำหนดให้เขียนวงจรใหม่ในสภาพ On circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.20 สมมติให้ T2 ON และ T1 OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29

5. จากวงจรที่ได้ในข้อ 4. เขียน ON circuit node Equation

6. จากวงจรที่กำหนดให้ ให้เขียนวงจรใหม่ในสภาพ OFF circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.31 สมมติให้ T2 ON และ T1 OFF

7. จากวงจรที่ได้ในข้อ 6. เขียน OFF circuit Node Equation

8. จากสมการ ON และ OFF circuit Equation คำนวณหาค่า R1 และ R2

วิธีคำนวณ

จากรูปที่ 2.29

(RL + RE) = Vcc/Ic = 15/20mA. = 750 ohm.

VE = (Vcc-(ERL+Vce sat))

= 15-(10+0.3)

VE = 4.7 V.

Ib = Ic/hfe min

Ie = Ib+Ic

Ie = (Ic/hfe min)+Ic

= (20mA./15)+20

= 1.33mA.+20mA.

= 21.33 mA.

RE = VE/Ie

= 4.7/21.33mA.

RE = 220 ohm.

(RL + RE) = 750 ohm.

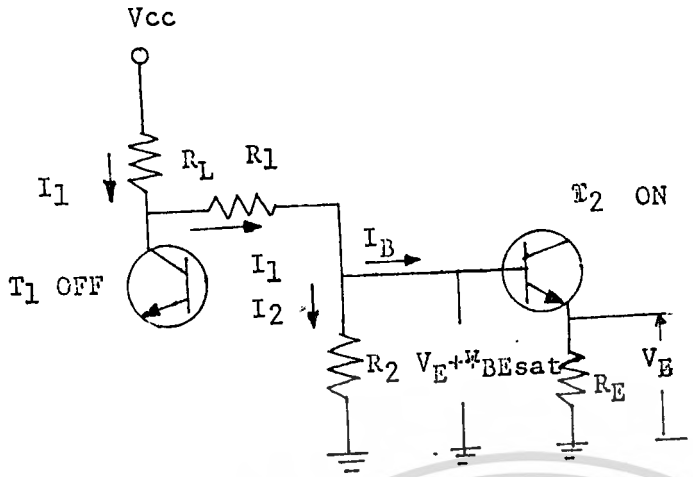
RL = 750 - 220

= 530 ohm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

าความต้านทานมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงคือ 510 และ 560 ohm. เลือกใช้ RL = 510 ohm.

เพื่อให้แน่ใจว่าจะได้ค่ากระแสไม่น้อยกว่า 20 mA. ที่กำหนดให้



รูปที่ 2.30

จากรูปที่ 2.30

On circuit Equation

$$I1 = I2 + Ib$$

$$ERL+ER1/RL+R1 = (ER2/R2)+Ib$$

$$Vcc-(VE+Vbe\ sat)-0/(RL+R1) = ((Vb+Vbe\ sat)-0/R2)+Ib$$

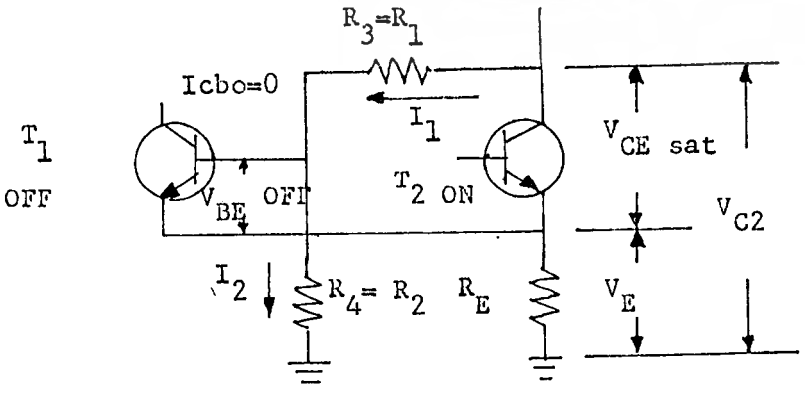
$$Ib = Ic/hfe$$

$$= 20/15\ mA.$$

$$= 1.33\ mA.$$

$$(+15)-(4.7+0.7)/0.53K+R1 = ((4.7+0.7)-0/R2)+1.33\ mA.$$

$$9.6/0.53K+R1 = (5.4/R2)+1.33\ mA.$$ ON Equation



รูปที่ 2.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.31

OFF Equation

$$I2 = I1+Icbo$$

$$ER2/R2 = (ER1/R1)+Icbo$$

$$(VE+Vbe\ off)-0/R2 = ((VC2-VE+Vbe\ off)/R1)+Icbo$$

$$(4.7-0.5)-0/R2 = (4.7+0.3)-4.7+(-0.5)/R1$$

$$4.2/R2 = 5-4.2/R1 \quad = R2 \quad = 5.25\ R1$$

แทนค่า R2 จาก OFF Equation ลงใน ON Equation

$$9.6/(0.53K+R1) = (5.4/5.25R1)+1.33\ mA.$$

$$9.6R1 = (0.53K+R1)(1.02+1.33mA.*R1)$$

$$1.3mA.R1-7.87R1+0.55K = 0$$

จาก Quadratic Equation

$$X = -b+\ b-4ac$$

$$R1 = 7.87+\ (7.87)-(4)(1.33mA.)(0.55K)/(2)(1.33)$$

$$= 7.87+_\ 7.68/0.00266$$

$$= 5.86\ K\ OR\ 74.2\ ohm.$$

เพราะว่า R1 จะโหลดทรานซิสเตอร์ตัวที่ OFF เพื่อให้ผลการโหลดมีค่าน้อยที่สุด R1 จะต้องมีค่าน้อยที่สุด R1 จะต้องมีค่ามากๆ ดังนั้นจึงต้องเลือกค่จ R1 ที่มีค่ามากๆจากค่าที่คำนวณได้คือ 5.86 K ค่าความต้านทานมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงคือ 5.6 K เพื่อให้กระแสเบสมีค่าสูงพอที่จะให้ทรานซิสเตอร์ ON จาก

$$R2 = 5.25\ R1$$

$$R2 = 5.25*5.85\ K$$

$$= 30K\ ohm.$$

ค่าความต้านทานมาตรฐานที่มีค่าใกล้เคียงกับ R2 ที่คำนวณได้คือ 27 K และ 33 K เลือกใช้ R2 = 27 K เพื่อให้ค่าแรงไฟรีเวอร์สไบอัสมีค่าสูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ OFF ได้

2.7.1 การทริกเกอร์(TRIGGERING)

การทริกเกอร์เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้เพื่อให้วงจรมัลติไวเบรเตอร์ทำการเปลี่ยนสภาวะ วงจรที่ทำให้เกิดสัญญาณทริกเกอร์ เรียกว่า วงจรทริกเกอร์ โดยทั่วไปวงจรทริกเกอร์มักจะเป็นวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ สัญญาณอินพุทของวงจรทริกเกอร์มักจะเป็นเวฟฟอร์มของ สเตป-โวลเตจ ที่มีช่วงระยะเวลาความกว้างของพัลซ์น้อยมาก ดังนั้นสัญญาณเข้าพุทของวงจรทริกเกอร์จึงมีลักษณะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวฟฟอร์มอินพุท ที่ถูกปรับรูปร่างโดยวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ หน้าที่ของวงจรทริกเกอร์คือ ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปร่างของสัญญาณอินพุทพัลซ์ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมที่จะทำให้วงจรมัลติไวเบรเตคร์เปลี่ยนสภาวะได้

การทริกเกอร์เบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ Asymmetrical และ Symme--trical ในการใช้งานด้านวงจรคอมพิวเตอร์ วงจรAsymmetrical Trigger หมายถึงการ Set หรือ Reset และวงจร Symmetrical Trigger หมายถึง Complementary

Asymmetrical Trigger เป็นการป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลซ์ให้กับทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ทริกเกอร์พัลซ์นี้จะทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ให้ทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น และหากจะให้วงจรมัลติไวเบรเตอร์กลับคืนสภาวะเดิมจะต้องป้อนทริกเกอร์พัลซ์ให้กับทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่ง

Symmetrical Trigger เป็นการป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลซ์อันเดียว ให้กับทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวของวงจรมัลติไวเบรเตอร์พร้อมๆกัน สัญญาณทริกเกอร์พัลซ์แต่ละอันจะทำให้วงจรมัลติไวเบรเตอร์ เปลี่ยนสภาวะไปพร้อมๆกันและหากต้องการให้วงจรมัลติไวเบรเตอร์เปลี่ยนสภาวะคืนสภาวะเดิมก็ต้องป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลซ์ใหม่ให้กับวงจร

สัญญาณทริกเกอร์พัลซ์ อาจจะป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ในวงจรมัลติไวเบรเตคร์ เพื่อทำทรานซิสเตอร์ตัวที่ ON เปลี่ยนเป็น OFF หรือป้อนให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ OFF เปลี่ยนเป็น ON โดยทั่วไปแล้วมักนิยมใช้ทริกเกอร์พัลซ์ป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ ON ทำให้เปลี่ยนสภาวะเป็น OFF ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์ตัวที่ ON เมื่อเปลี่ยนสภาวะเป็น OFF นั้นมีค่าสูงมากเพียงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่งที่อยู่ในสภาวะเป็น OFF นั้นเปลี่ยนสภาวะเป็น ON ได้โดยใช้ขนาดของสัญญาณทริกเกอร์เพียงเล็กน้อย

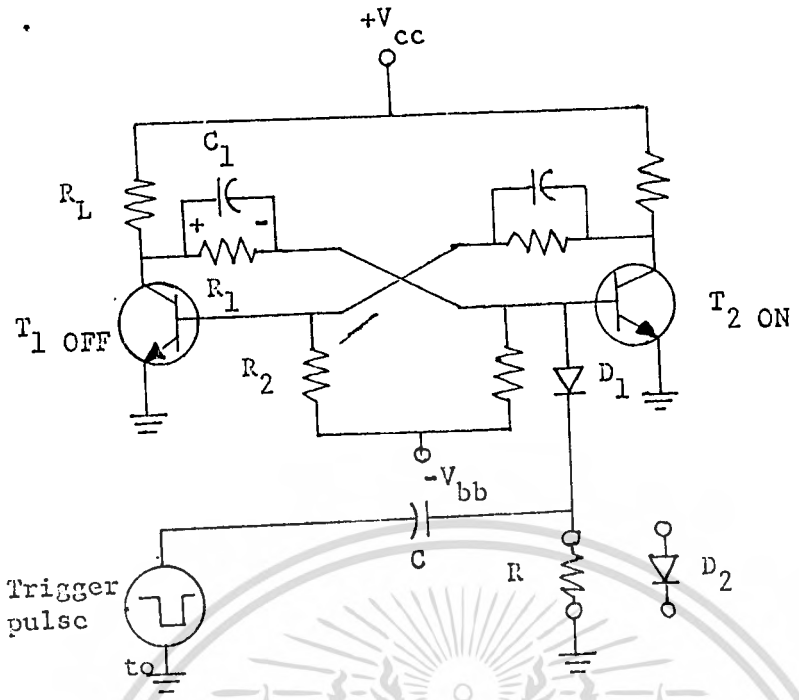
Asymmetrical Base Triggering

วงจรแบบง่ายที่สุดของการทริกเกอร์แบบ Asymmetrical แสดงในรูปที่ 2.32 ในวงจรนี้ออกแบบให้ทริกเกอร์พัลซ์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ T2 ซึ่งอยู่ในสภาวะ ON อยู่เปลี่ยนเป็น OFF เมื่อป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลซ์ แบบ Negative ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ ON และเมื่อ T2 เปลี่ยนสภาวะเป็น ON ได้ วงจรจะคงสภาวะเช่นนี้ตลอดไปแม้ว่าจะป้อนทริกเกอร์พัลซ์ให้กับวงจรอีกก็ตาม วงจรเปลี่ยนสภาวะกลับคืนสภาวะเดิม จะต้องป้อนสัญญาณทริกเกอร์พัลซ์ให้กับเบสของ T สลับกันไป

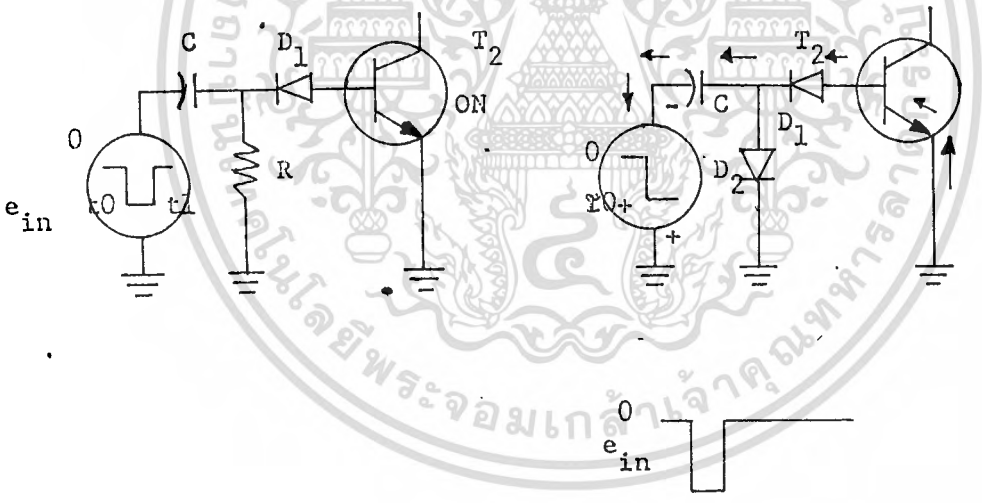
รูปที่ 2.33 แสดงเฉพาะส่วนของวงจรทริกเกอร์ จากรูป 2.32 เท่านั้น เมื่อสัญญาณเนกกาตีพ-ทริกเกอร์พัลซ์ป้อนให้กับวงจร ที่เวลา T ทำให้ไดโอด D ได้รับฟอร์เวอร์สไบอัสคาปาซิเตอร์ C จะทำการรับประจุ (Charge) ตามทิศทางที่แสดงในรูป 2.33 (b) กระแสที่เกิดจากการประจุของคาปาซิเตอร์ C จะทำให้เบสของทรานซิสเตอร์ T ได้รับรีเวอร์สไบอัส ทำให้ T เปลี่ยน

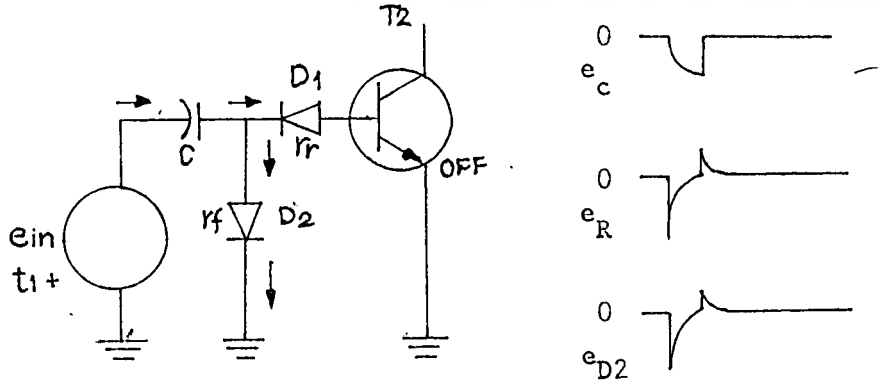
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเป็น OFF คาปาซิเตอร์ C จะรับประจุตามที่แสดงในรูป 2.33 (d) และเวฟฟอร์มที่ตกคร่อมความต้านทาน R จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.33 (d) เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.32 Asymmetrical Base Triggering





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.33

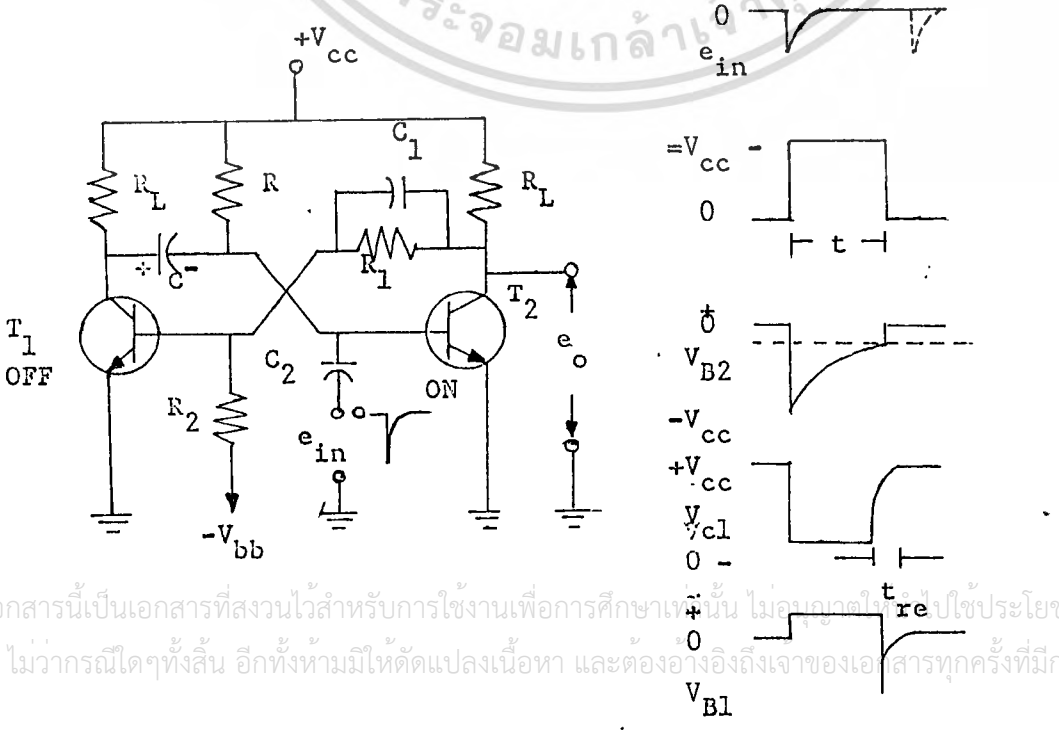
ค่าความต้านทาน R จะต่องมีค่ามากที่สุด เท่าที่จะมากได้ เมื่อสัญญาณทริก เกอร์พัลซ์ จนให้กับวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้คาปาซิ เตอร์รับประจุผ่านความต้านทาน R แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อ อาสัญญาณทริก เกอร์พัลซ์ดอกไปค่าความต้านทาน R จะต้องมีค่าน้อยที่สุด เท่าที่จะน้อยได้ เพื่อได้คาปา-เตอร์ C สามารถคายประจุผ่านได้ ดังนี้ความต้านทาน R จึงนิยมใช้ไดโอดแทน เพื่อป้องกันมิให้ทราน สเตอร์ T2 กลับ ON อีกในช่วง Trailing edge ของทริก เกอร์พัลซ์ดังแสดงในรูปที่ 2.33 (C)

ถ้าวงจรมัลติไว เบรเตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์แบบ PNP สัญญาณทริก เกอร์พัลซ์จะต้อง เป็น เนกาโพสซิตีฟ และไดโอดทั้งสองตัวจะต้อง เปลี่ยนขั้วกลับกันกับที่แสดงในรูป 2.33 (a)

2.8.1 โมโนสเตเบิล มัลติไว เบรเตอร์ (MONOSTABLE MULTIVIBRATOR)

โมโนสเตเบิล มัลติไว เบรเตอร์ เป็นวงจรอิ เล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะคงตัวสภาวะหนึ่ง และกึ่งคงตัว (Semi Stable State) อีกสภาวะหนึ่ง วงจรในสภาพปกติจะอยู่ในสภาวะคงตัว stable state) จนกว่าจะมีสัญญาณภายนอกมากระตุ้น จึงจะทำให้วงจร เปลี่ยนไปอยู่ในสภาวะกึ่ง งตัว ระยะ เวลาที่วงจรจะอยู่ในสภาวะกึ่งคงตัวจะนาน เท่าใดขึ้นอยู่กับค่า อาร์-ซี ไทม์คอนสแตนท์ นวงจร เมื่อหมดระยะ เวลาดังกล่าวนี้แล้ว วงจรจะคืนสู่สภาวะคงตัวได้ เอง จนกว่าจะมีสัญญาณ ระตุ้นจากภายนอกใหม่อีก ดังนั้นวงจรนี้บางครั้งจึงมีชื่อ เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า วัน-ชอท มัลติไว เบร-เตอร์ (one - short Multivibrator)

วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไว เบรเตอร์ ประกอบขึ้นด้วยวงจรอิน เวอร์เตอร์สองวงจร เอ้าท์พุทของวงจรอิน เวอร์เตอร์ตัวแรกจะต่อกับอินพุทของอิน เวอร์เตอร์ตัวที่สองด้วยการคัปปลิ้งแบบ อาร์-ซี คัปปลิ้ง และสัญญาณเอ้าท์พุทของวงจรอิน เวอร์เตอร์ตัวที่สองจะ เป็นอินพุทของวงจรอิน เวอร์-เตอร์ตัวแรกโดยการคัปปลิ้งผ่านความต้านทาน (Resistive Coupled) ดังแสดงในรูปที่ 2.34



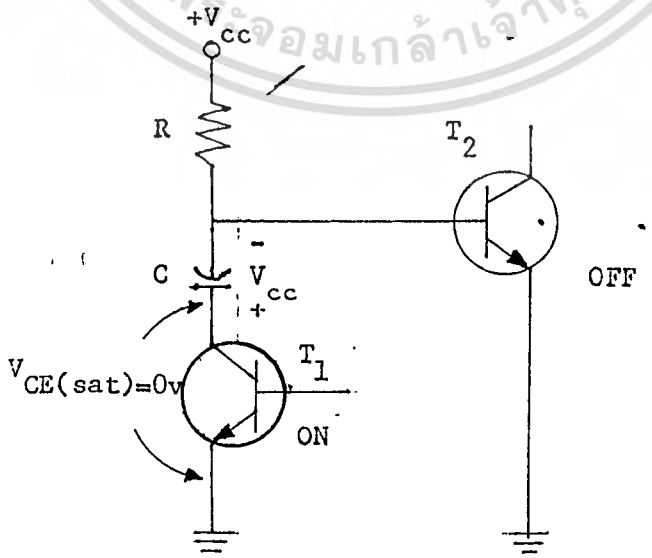
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรูปร่างของสัญญาณอินพุททริกเกอร์ มักจะเป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณดิฟเฟอเรนทิเอทเวฟฟอร์ม สัญญาณเอ้าท์พุทจะมีรูปร่างเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม สัญญาณเอ้าท์พุทนี้มักจะใช้เป็นสัญญาณพัลซ์ที่ควบคุมการทำงานของวงจรพัลซ์อื่น ๆ ต่อไปอีก บางครั้งเราจะเรียกวงจรนี้ว่าวงจร ดีเลย์ (Delay Circuit) ทั้งนี้ก็เพราะสัญญาณเอ้าท์พุทจะเกิดขึ้นหลังจากที่วงจรพ้นสภาวะกึ่งคงตัวไปแล้ว

2.8.2 การทำงานของวงจร

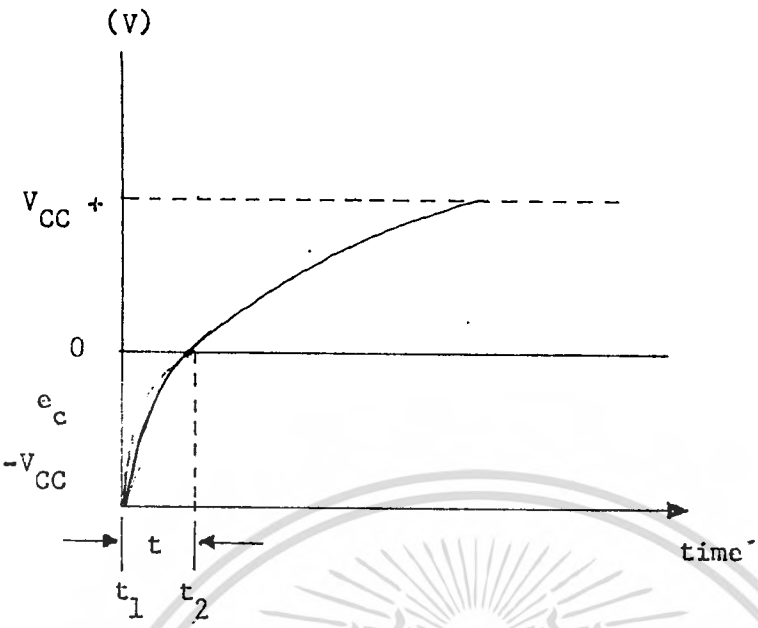
จากรูปที่ 2.34 ในช่วงเวลาที่ไม่มีสัญญาณอินพุททริกเกอร์ปรากฏ (เวลา t1-) ทรานซิสเตอร์ T1 จะอยู่ในสภาวะ OFF และทรานซิสเตอร์ T2 จะอยู่ในสภาวะ ON เป็นสภาวะคงตัวของวงจร ในช่วงเวลานี้คาปาซิเตอร์จะเก็บประจุไว้จนถึงค่าแรงไฟ Vcc โดยมีขั้วตามที่กำหนดไว้ในรูป วงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์ระหว่าง R1 และ R2 และ Vbb จะทำให้เกิดแรงไฟรีเวอร์ไบอัสจนกระทั่งทรานซิสเตอร์ T1 อยู่ในสภาวะคัทออฟ

เมื่อป้อนสัญญาณเนกาทีฟ ทริกเกอร์พัลซ์ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ ON ที่เวลา t1+ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T2 เปลี่ยนสภาวะเป็น OFF ทันที ค่าแรงไฟที่คอลเลคเตอร์ T2 จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่า Vcc ทำให้เกิดแรงไฟฟอร์เวอร์สไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ T1 ทำให้ทรานซิสเตอร์ T1 เปลี่ยนสภาวะเป็น ON ได้ ทรานซิสเตอร์ T1 จะนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว แรงไฟที่คอลเลคเตอร์กับอีมิตเตอร์จะน้อยมาก (VCE sat = 0 V) ที่เพลทบวกของคาปาซิเตอร์จึงเปรียบเสมือนต่ออยู่กับกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.35 (a)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.35 (T2) สภาพวงจรที่เวลา t1+



รูปที่ 2.35 (b) คาปาซิเตอร์ C จะเกบประจุจากเวลา t1+ ถึงเวลา t2-

ที่เวลา t1+ ทรานซิสเตอร์ T2 จะได้รับแรงไฟรีเวอร์สไบอัสเท่ากับ Vcc และคาปาซิเตอร์ C จะเก็บประจุจากค่า -Vcc ไปสู่ค่า +Vcc ผ่านความต้านทาน R ในวงจรและทรานซิสเตอร์ ดังแสดงในรูป 2.35 (b) ค่าแรงไฟที่ประจุในคาปาซิเตอร์ C จะเป็นไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ T2 ดังนั้นทรานซิสเตอร์ T2 จึงยังคงคัทออฟอยู่จนกว่าแรงไฟที่ประจุในคาปาซิเตอร์เป็นศูนย์ โวลท์ T2 จึงจะเริ่มนำกระแสใหม่จนถึงจุดกลับตัว ช่วงระยะเวลาที่ T2 คัทออฟไปนี้จะเป็นระยะเวลาของเอ้าท์พุทพัลซ์ (t)

ที่เวลา t2+ ทรานซิสเตอร์ T2 อยู่ในสภาวะ ON ฉะนั้นคอลเลคเตอร์ของ T2 จึงเปรียบเสมือนต่ออยู่กับกราวด์โดยตรง ฉะนั้นความต้านทาน R1 ก็จะเปรียบเสมือนต่อขนานอยู่กับเบสและคอมมิตเตอร์ของ T1 แรงไฟที่ตกคร่อม R1 จะมีทิศทางที่ทำให้เกิดรีเวอร์สไบอัสแก่ T1 ค่าแรงไฟนี้จะได้จากวงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์ที่ประกอบด้วย Vbb , R1 และ R2 ฉะนั้นทรานซิสเตอร์ T1 จะยังคงคัทออฟอยู่ด้วยแรงไฟที่ตกคร่อม R1 แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ T1 คือ Vc1 จะมีค่าแรงไฟไม่ถึง Vcc จนกว่าคาปาซิเตอร์ C จะเก็บประจุจนถึงค่า Vcc ค่ากระแสที่เกิดจากการประจุของคาปาซิเตอร์ C จะทำให้ทรานซิเตอร์ T2 ต่อไปได้

การทริกเกอริ่ง การที่จะกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ ON สำหรับวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์นั้น ทริกเกอร์พัลซ์จะป้อนให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ ON ถ้าเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN สัญญาณทริกเกอร์จะต้องเป็นแบบเนกกาติฟ

ตัวอย่างการออกแบบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการออกแบบวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.36 ให้มีคุณ

สมบัติดังนี้

eo = 12

Ic = 20

output pulse duration = 200

ส่งที่กำหนดให้

Silicon NPN Transistor (2) hFE min = 20

ICBO = 0

VEBO = 5 V

Silicon Diode PIV = 60 (1)

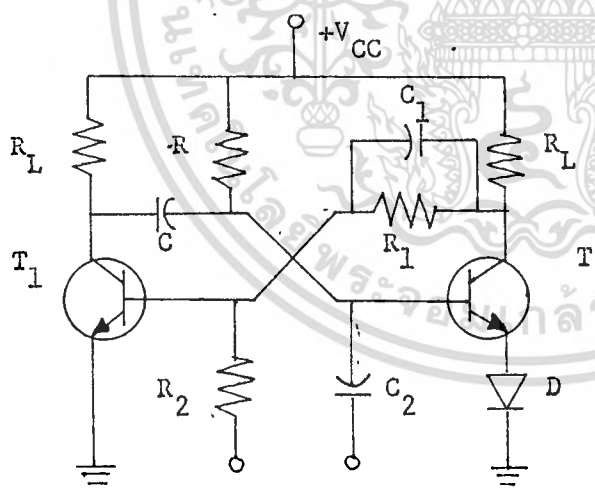
12 V d.c Source (1)

6 V d.c Source (1)

สมมุติให้ ค่าแรงไฟระหว่างจังค์ชั่นของทรานซิสเตอร์มีค่ามาตรฐาน

VBE OFF = -0.5

สิ่งที่ต้องคำนวณหา R , R1 , R2 , RL



รูปที่ 36

วิธีการคำนวณ

1. จากทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ ON สามารถคำนวณหาค่า RL ได้

RL = Vcc/Ic = 12/20 mA = 600

เลือกใช้ RL = 620 จากค่าความต้านทานมาตรฐานที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณหาค่ากระแสเบสของทรานซิสเตอร์ที่ ON ที่ทำให้กระแส Ic ถึงจุดอิ่มตัว

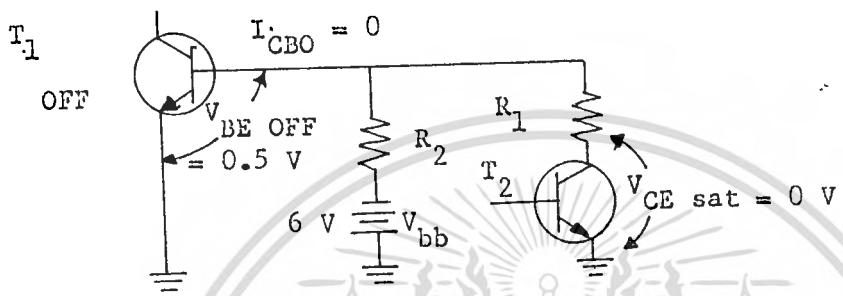
$$IB = Ic/hFE\ min = 20\ mA/20 = 1mA$$

3. คำนวณหาค่าความต้านทาน R ที่ทำให้ได้กระแสเบสตามต้องการในข้อ 2.

$$R = Vcc = VBE\ sat/IB = 112-0.7/1\ mA = 11.3/1\ mA$$

$$R = 11.3\ k$$

4. จากวงจรของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ OFF ดังแสดงในรูปที่ 2.37 เขียนสมการ OFF Circuit ในเทอมของ Vbb และเขียนสมการ OFF Circuit ในเทอมของ R1 และ R2



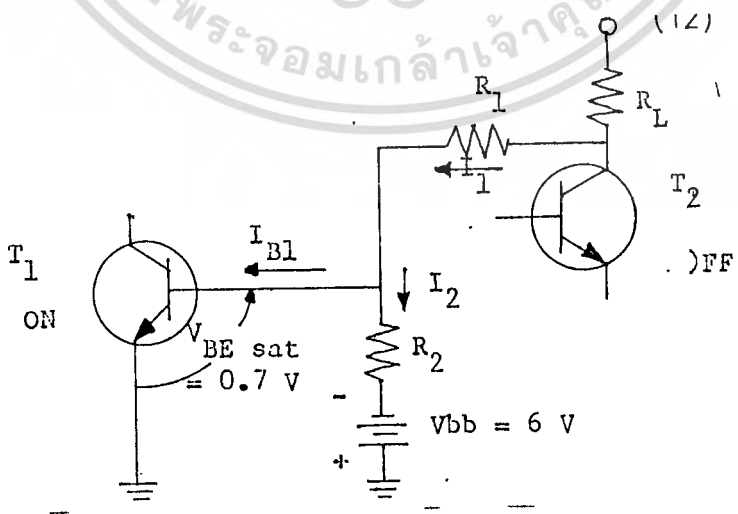
VBE OFF = R1/R2 + R1 Vbb

-0.5 = R1/R1 + R2 (-6)

R1 + R2 = 12 R1

R2 = 11 R1

5. จากวงจรทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสภาวะ ON ดังแสดงในรูปที่ 2.37 เขียนสมการ ON Circuit-Node ในเทอมของ R1 และ R2



รูปที่ 2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรูปที่ 2.37 จะได้

$$I1 = I2 + IB$$

$$Vcc - VBE\ sat/RL2 + R1 = VBE\ sat - Vbb/R2 + IB$$

$$12 - (+0.7)/0.62K + R1 = (0.7) - (-6) / R2 + 1\ mA$$

$$11.3/0.62K + R1 = 6.7/R2 + 1\ mA$$

6. แก้สมการ OFF circuit และ ON circuit เพื่อคำนวณหาค่า R1 และ R2

$$R2 = 11\ R1$$

$$11.3/0.62K + R1 = 6.7/11\ R1 + 1\ mA$$

$$0.11\ R1 - 110\ R1 + 4.5\ K1 = 0$$

หาค่า R1 ด้วยสมการ Quadratic

$$R1 = -b + \sqrt{b - 4\ ac}/2\ a$$

$$= +110 + \sqrt{(110) - 4\ (11\ mA)\ (4.15K)}/2\ (0.011)$$

$$= 110 + \sqrt{12100 - 182}/0.022 = +110 + \sqrt{11900}/0.022$$

$$= +110 + 109/0.022$$

$$= +110 + 109/0.022$$

$$= 219/0.022 = 9550$$

เลือกใช้ R1 = 10 K จากค่าความมาตรฐานที่มี

$$R2 = 11\ R1$$

$$R2 = 11\ (10\ K\ ) = 110\ K$$

เลือกใช้ R2 = 120K จากค่าความมาตรฐานที่มีอยู่

2.9.1 กะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator)

วงจรกะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์เป็นวงจรที่มีสภาวะกึ่งคงตัว (Semi - Stable) ทั้งสองสภาวะ ค่าระยะเวลาที่วงจรจะสามารถคงสภาพในสภาวะกึ่งคงตัว จะขึ้นกับค่าคาร์-พี ไทม์ คอนสแตนท์ สองวงจร แม้ว่าจะไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ที่อินพุท วงจรกะสเตเบิลก็สามารถให้สัญญาณสแควเวฟที่เอ้าท์พุทได้ ฉะนั้นวงจรนี้จึงใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่สัญญาณสแควเวฟได บางครั้งจึงเรียกวงจรนี้ว่า วงจรฟรีรันนิ่ง มัลติไวเบรเตอร์ (Free Running Multivibrator)

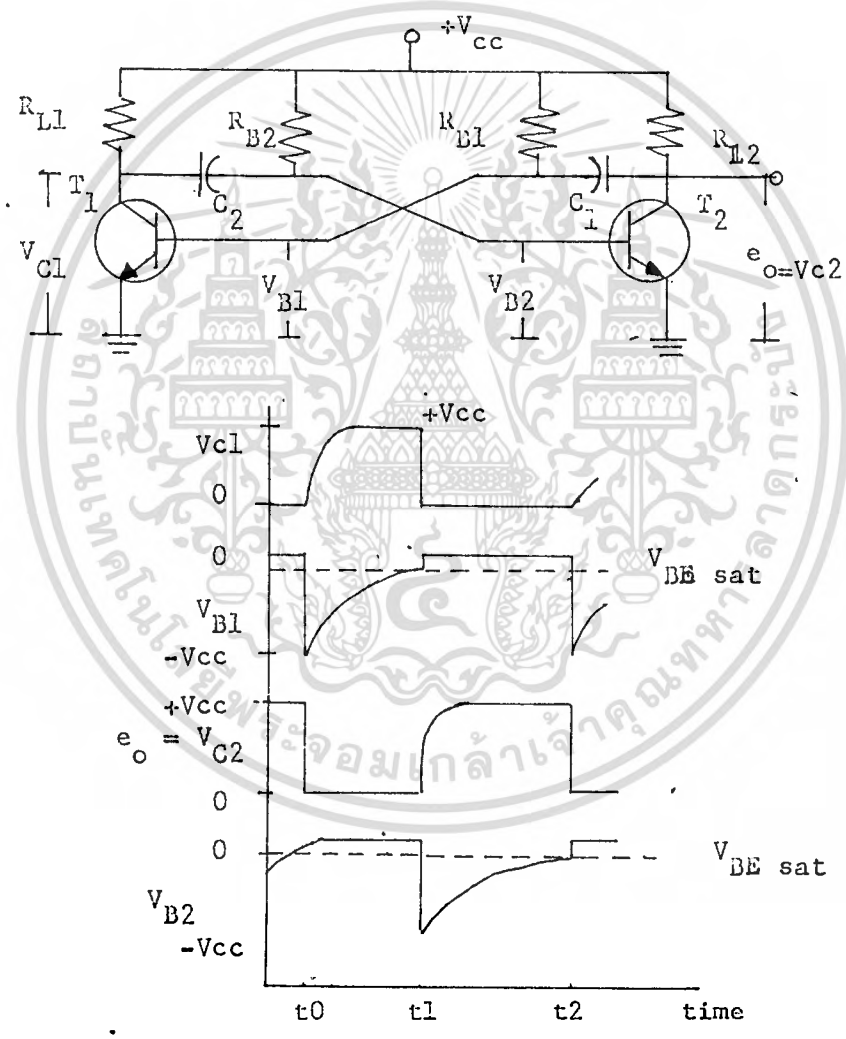
2.9.2 การทำงานของวงจร

วงจรกะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ประกอบด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์สองวงจร วงจรอินเวอร์เตอร์ตัวแรก จะเป็นอินพุทของวงจรอินเวอร์เตอร์ตัวที่สอง และเอ้าท์พุทของวงจรอินเวอร์เตอร์ตัวที่สอง จะเป็นอินพุทของวงจรอินเวอร์เตอร์ตัวแรก แต่ละวงจรต่อกันด้วยการคลัปปลิ้งแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

าร์-ซี (R-C Coupled) ลักษณะของวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.28

ที่เวลา tO+ ทรานซิสเตอร์ t2 จะอยู่ในสภาพ ON และทรานซิสเตอร์ T1 จะอยู่ในสภาพ OFF กระแสในวงจรเบสของ T2 เกิดจากการเก็บประจุของคาปาซิเตอร์ C2 ซึ่งคาปาซิเตอร์ C2 จะเก็บประจุจนกระทั่งมีแรงไฟเท่ากับ Vcc จากนั้นแรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ T1 จะค่อย ๆ เพิ่มเป็นแบบเอ็กซ์โปแนลเชี่ยล (ตามลักษณะของการเก็บประจุของคาปาซิเตอร์) ความต้านทาน RB2 จะเลือกค่าที่พอเหมาะที่จะจ่ายกระแสที่เบสของ T2 ให้มีค่าต่ำสุดที่พอเพียงให้ทรานซิสเตอร์ T2 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัวได้ ฉะนั้นทรานซิสเตอร์ T2 จะอยู่ในสภาพ ON หลังจากที่คาปาซิเตอร์ C2 ก็จะเก็บประจุไว้จนกระทั่งมีค่าแรงไฟเท่ากับ Vcc ในช่วงขณะที่ทรานซิสเตอร์ T1 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว (สมมุติว่าคาปาซิเตอร์ C1 เก็บประจุจนถึงค่า Vcc ที่เวลา tO+)

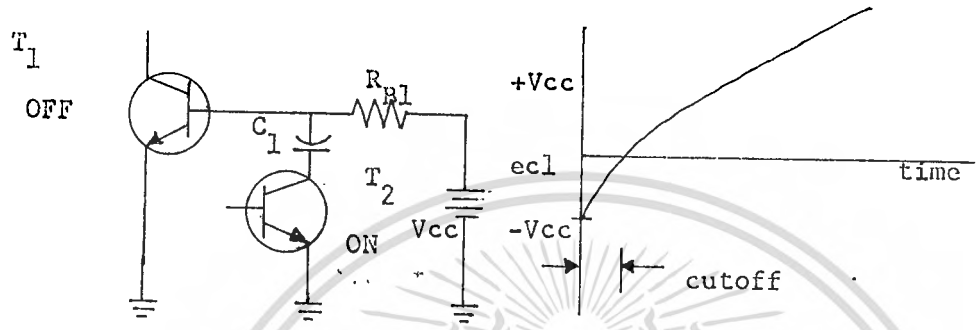


รูปที่ 2.38

เมื่อทรานซิสเตอร์ T2 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว ทำให้เพลททางด้านบวกของ C1 เสมือนต่อลงกับกราวด์ดังแสดงในรูปที่ 2.39 คาปาซิเตอร์ C1 จึงเปรียบเสมือนต่อขนานกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมิตเตอร์กับเบสของ T1 เนื่องจากคาปาซิเตอร์ C1 เก็บประจุไว้จนถึงค่า Vcc อยู่แล้ว ก็จะทำให้เกิดแรงไฟที่เป็นรีเวอร์สไบอัสให้กับอิมิตเตอร์กับเบสของ T1 มีค่าเท่ากับ -Vcc ทำให้ทรานซิสเตอร์ T1 อยู่ในสภาวะ OFF ที่เวลา t0+ คาปาซิเตอร์ C1 จะเก็บประจุจากค่า -Vcc ไปหาค่า +Vcc ดังแสดงในรูปที่ 2.39 (b) ทรานซิสเตอร์ T1 จะอยู่ในสภาวะ OFF จนถึงเวลา t1- ซึ่งแรงไฟไบอัสที่เกิดจากการเก็บประจุของ C1 เป็นศูนย์โวลท์พอดี อิมิตเตอร์กับเบสของทรานซิสเตอร์ T1 จะเริ่มได้รับแรงไฟไปเป็นฟอร์เวอร์สไบอัส ทำให้ทรานซิสเตอร์ T1 เริ่มนำกระแสได้ และ T1 จะนำกระแสจนถึงจุดคั่มตัวที่เวลา t1+



รูปที่ 2.39

ที่เวลา t1+ ทรานซิสเตอร์ T1 กลับนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว ทำให้เพลททางด้านบวกของคาปาซิเตอร์ C2 เปรียบเสมือนต่อลงกับกราวด์ แรงไฟที่ประจุใน C2 จะมีทิศทางที่ทำให้อิมิตเตอร์กับเบสของทรานซิสเตอร์ T2 ได้รับรีเวอร์สไบอัส ทำให้ T2 อยู่ในสภาวะ OFF ที่เวลา t1+นี้ คาปาซิเตอร์ C2 จะเริ่มเก็บประจุจากค่า -Vcc ไปสู่ +Vcc ผ่านทรานซิสเตอร์ T1 ที่อยู่ในสภาวะ ON และ RB2 ฉะนั้นคาปาซิเตอร์ C2 จะทำให้ T2 อยู่ในสภาวะ OFF จนกว่าแรงไฟที่ตกคร่อม C2 จะเป็นศูนย์โวลท์ ทรานซิสเตอร์ T2 จะเริ่มนำกระแสใหม่อีกที่เวลา t2+

ระยะเวลาระหว่าง t1+ ถึง t2- คาปาซิเตอร์ C1 จะเก็บประจุถึงค่า Vcc ด้วยค่ากระแสที่เบสของทรานซิสเตอร์ T1 ที่อยู่ในสภาวะ ON ลักษณะการทำงานก็จะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ลักษณะของเอ้าท์พุทเวฟฟอร์มก็จะเป็นรูปสแควเวฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.38

. ตัวอย่างการออกแบบวงจร

จงออกแบบวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.38ให้มีคุณสมบัติดังนี้

eo = 10 Vpeak

เอ้าท์พุทพัลซ์ = โพสซิตีฟ (Positive)

ขนาดของพัลซ์เอ้าท์พุท = 20 sec (Pulse duration)

ระยะห่างระหว่างพัลซ์ = 10 sec

IcON = 10 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประกอบการออกแบบวงจร

D.C Power Supply (0-30 V ; 0-250 mA)

NPN silicon Transistor

hFE min = 20

VEBO max = 15

ICBO = 0

สมมุติว่าค่าโวลท์เตจของจังค์ชั่นทรานซิสเตอร์มีค่ามาตรฐาน

วิธีการคำนวณในการออกแบบวงจร

eo = 10 V

เลือกใช้ Vcc = 10 V

RL = Vcc - VCE sat/IC = 10-0.3/10 = 9.7/10

RL = 970

เลือกใช้ RL = 1 จากค่าความต้านทานมาตรฐาน

IB = Ic/hFE min 10 mA/20 0.5 mA

RB = RB1 = RB2 = Vcc - VBE sat/IB

RB = 10-0.7/0.5 mA 9.3/0.5 mA

RB = 18.6 K

เลือกใช้ RB = 18 K จากค่าความต้านทานมาตรฐาน

เมื่อ (t2 - t1)

t = 0.69

C2 = t/0.69 RB2 = 10*10/(0.69) (18*10)

C2 = 20*10/12.4*10 = 1.61*10 F

C2 = 0.0016 F

เลือกใช้ C2 = 0.0015 F จากค่าคาปาซิเตอร์มาตรฐาน

(t1 - t0) = ระยะเวลาระหว่างเอ้าท์พุทพัลซ์ = 10 sec

C1 = t/0.69 RB1 = 10*10/(0.69) (18*10)

= 0.85 10 F

เลือกใช้ C1 = 0.00082 จากค่าคาปาซิเตอร์มาตรฐาน

ถ้าต้องการให้ค่าเอ้าท์พุทพัลซ์มีความกว้างเท่ากับ 20 sec ตามที่กำหนดจริง ๆ จะต้องแทน RB2 ด้วยความต้านทานค่าคงตัวคงที่ค่าหนึ่งต่ออันดับกับค่าความต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Potentiometer)

นั่นคือ

$$RB2 = R1 + R2$$

เมื่อ R1 = ความต้านทานค่าคงที่

R2 = ความต้านทานที่ปรับค่าได้

$$RB2 = 18$$

เลือกใช้ R1 = 6.8

และ R2 = 10

$$RB2 = 6.8K + 10K/2$$ เมื่อปรับ (potentiometer) ไว้ตรงกลาง

$$RB2 = 6.8 + 5K$$

$$= 18\ K$$

$$C2 = t/0.69\ RB2 = 20*10\ /(0.69)\ (11.8\ )$$

$$C2 = 20*10\ /8.15*10\ = 2.45*10$$

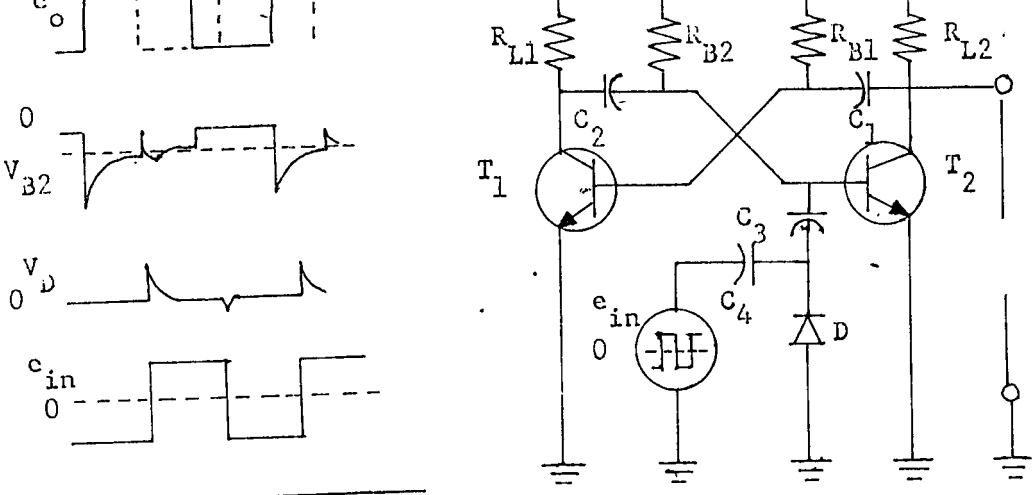
$$= 0.00245\ F$$

เลือกใช้ C2 = 0.0022 F จากค่าคาปาซิเตอร์มาตรฐาน

2.9.2 การซิงโครไนเซชั่น

ถ้าป้อนสัญญาณพัลซ์เวลาให้กับทรานซิสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัว ในวงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ จะทำให้วงจรเปลี่ยนสภาวะ ตามสัญญาณอินพุท ซึ่งเป็นลักษณะของการซิงโครไนเซชั่น สัญญาณพัลซ์เวลาที่ป้อนให้กับวงจร จึงเรียกว่า ซิงโครไนซิ่งพัลซ์ฯ นี้อาจมีความถี่ที่เป็นอัตราส่วน (Frequency Divider) กับความถี่ของสัญญาณในวงจรมัลติไวเบรเตอร์ก็ได้ ในทางปฏิบัติอัตราส่วนของความถี่ดังกล่าว ไม่ควรจะเกินหนึ่งต่อห้า โดยทั่วไปแล้วความถี่ของสัญญาณซิงโครไนซิ่งพัลซ์ จะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่ของสัญญาณจากมัลติไวเบรเตอร์ เพื่อให้วงจรเปลี่ยนสภาวะก่อนการเปลี่ยนสภาวะตามปกติ การป้อนสัญญาณซิงโครไนซิ่งพัลซ์ที่มีลักษณะเป็นโพสซิติฟ หรือเนกกาติฟพัลซ์ ให้กับอิมิตเตอร์, เบส หรือคอลเลคเตอร์ก็ได้ ดังตัวอย่างการซิงโครไนเซชั่น วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ด้วยการป้อนสัญญาณโพสซิติฟริกเกอร์พัลซ์ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งในวงจร ตามรูปที่ 2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปที่ 2.40 เมื่อทรานซิสเตอร์ T2 อยู่ในสภาวะคุทออฟ คาปาซิเตอร์ C2 จะเก็บประจุจากค่า -Vcc ไปสู่ +Vcc ทรานซิสเตอร์T2 จะอยู่ในสภาวะคัทออฟในช่วงขณะที่แรงไฟระหว่างคือมิตเตอร์กับเบสมีค่าเป็นลบ ถ้าป้อนสัญญาณโพสซิตีฟชิงโครไนซ์พัลซ์ให้กับเบสของ T2 สัญญาณที่เบสรวมกับสัญญาณซิงโครไนซ์พัลซ์ แล้วทำให้แรงไฟที่เบสกับคือมิตเตอร์ของ T2 เป็นศูนย์หรือเป็นบวกก็จะทำให้ T2 พ้นจากสภาวะคัทออฟทันที วงจรก็จะเปลี่ยนสภาวะ ณ เวลาที่ชิงโครไนซ์พัลซ์ปรากฏ

ถ้าป้อนสัญญาณเนกาตีฟ ชิงโครไนซ์พัลซ์ ให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ T1 ซึ่งอยู่ในสภาวะ ON ทรานซิสเตอร์ T1 จะทำการขยาย และกินเวอร์สสัญญาณเนกาตีฟมาเป็นโพสซิตีฟ ชิงโครไนซ์พัลซ์ ป้อนให้กับคือมิตเตอร์กับเบสของทรานซิสเตอร์ T2 ทำให้ T2 พ้นจากสภาวะคัทออฟและวงจรจะเปลี่ยนสภาวะไปตามสัญญาณเนกาตีฟ ชิงโครไนซ์พัลซ์ได้เช่นกัน

2.10.1 ชมิทท์-ทริกเกอร์ (SCHMITT TRIGGER)

วงจรชมิทท์-ทริกเกอร์ เป็นวงจรแบบพิเศษกันหนึ่งของวงจรคือมิตเตอร์คัปเปิล ไบสเต-เบิล มัลติไวเบรเตอร์ สภาวะคงตัว (Stable State) ในตอนแรกจะกำหนดจากค่าความแรงของสัญญาณอินพุทค่าหนึ่ง และสภาวะคงตัวในช่วงหลัง จะได้จากความแรงของสัญญาณอินพุทอีกค่าหนึ่งที่ต่างเนื่องกันกับค่าแรก นั่นคือวงจรชมิทท์-ทริกเกอร์ จะมีระดับความแรงของสัญญาณอินพุทสองค่า ที่จะทำให้วงจรเปลี่ยนสภาวะหนึ่งไป เป็นอีกสภาวะหนึ่งได้ ดังนั้นวงจรนี้จึงสามารถนำไปใช้งานเป็นวงจรเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณ ดี.ซี สองระดับได้ เรียกว่า วงจรคอมแพร (Comparer) หรือทำเป็นวงจรปรับรูปร่างของสัญญาณอินพุทใด ๆ ให้เป็นสัญญาณพัลซ์แบบสแควได้

2.10.2 การทำงานของวงจร

ลักษณะของวงจรชมิทท์-ทริกเกอร์ จะเป็นดังรูปที่ 2.41 เมื่อไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรทรานซิสเตอร์ T1 จะอยู่ในสภาพคัทออฟ และทรานซิสเตอร์ T2 จะอยู่ในสภาวะนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัวแรงไฟที่ตกคร่อม RE คือ VE2 ค่าแรงไฟเอ้าท์พุทที่เวลาt1 จะมีค่าเป็น(VE2+VCE sat) ทรานซิสเตอร์ T1 จะนำกระแสได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณอินพุทมีความแรงมากกว่า VE2 ขึ้นไป ค่าขนาดของแรงไฟอินพุทที่ทำให้ T1 นำกระแสได้เรียกว่า คัปเปอร์ทริกเกอร์โปเทนเชี่ยล (Upper Trigger-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potential) เขียนย่อ ๆ ว่า (UTP)

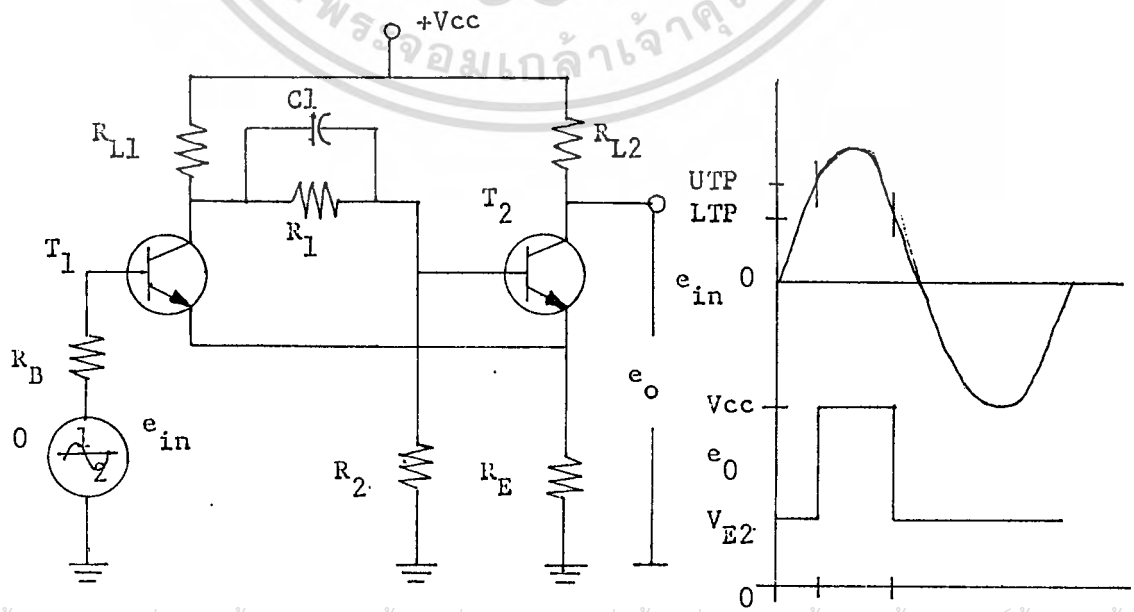
$$UTP = VE2 + VBEa$$

VE2 = ค่าแรงไฟที่ตกคร่อม ในช่วงขณะที่ทรานซิสเตอร์ นำกระแสจนถึงจุดคิ่มตัว

VBEa = ค่าแรงไฟฟอร์เว่อร์สไบอัสที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในย่านแอคตีฟ (Active) สำหรับทรานซิสเตอร์ ชนิดซิลิกอนจะมีค่าประมาณ 0.5 V

เมื่อทรานซิสเตอร์ T1 เริ่มนำกระแสแรงไฟที่คอลเลคเตอร์ (VC1) ของ T1 จะลดลงจากค่า Vcc ในสภาพคัทออฟเดิม การที่ VC1 มีค่าลดลงนั้นจะทำให้แรงไฟฟอร์เวอร์ดไบอัสของทรานซิสเตอร์ T2 มีค่าลดลงด้วย ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานในย่านแอคตีฟและจะเป็นเช่นนี้จนกระทั่ง T2 คัทออฟ ฉะนั้นที่เวลา t1+ สัญญาณที่เอ้าท์พุทจะมีค่าเท่ากับVcc และ T1 จะนำกระแสจนถึงจุดคิ่มตัว แต่ถ้าสัญญาณอินพุทมีขนาดต่ำกว่าที่กำหนดแล้ว ทรานซิสเตอร์ T1 อาจจะทำงานอยู่ในย่านแอคตีฟได้

ทรานซิสเตอร์ T2 จะอยู่ในสภาพคัทออฟเช่นนี้ตลอดไปจนกว่าที่สัญญาณอินพุทจะมีค่าแรงไฟลดลงต่ำกว่าค่า UTP ที่กำหนดไว้ที่เวลานี้ทรานซิสเตอร์ T2 จะเปลี่ยนสภาวะเป็นนำกระแสจนถึงจุดคิ่มตัวตามเดิมได้ ค่าขนาดแรงไฟของสัญญาณอินพุทที่ทำให้ T2 นำกระแสถึงจุดคิ่มตัวตามเดิมได้เรียกว่า โลเวอร์ ทริกเกอร์ โปเทนเชี่ยล (Lower Trigget Potential) เขียนย่อ ๆ ว่า LTP นั่นคือการเปลี่ยนสภาวะของทรานซิสเตอร์ T2 จะเกิดขึ้นเมื่อแรงไฟที่ตกคร่อม R2 มีค่าเท่ากับแรงไฟที่ตกคร่อม RE ในขณะที่ T1 นำกระแส (คือแรงไฟ VE1) สาเหตุที่แรงไฟ LTP มีค่าน้อยกว่า UTP แรงไฟที่ตกคร่อม R2 นั้นได้มาจากการแบ่งแรงไฟจาก VC1 กับกราวด์ซึ่งมีค่าน้อยกว่า Vcc (ในช่วงที่ T1 คัทออฟ)นั่นเอง ฉะนั้นที่เวลา t2+ เอ้าท์พุทเวลท์เตจจะมีค่าลดลงกลับมาเป็นค่าเดิม (ที่เวลา t1+)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.41

2.10.3 การคำนวณหาค่า UTP

การที่เราจะคำนวณหาค่า เราจะมีสูตรสำเร็จดังต่อไปนี้

$$eoCB = R2\ Vcc/R1+R2+RL1$$

$$ZOB = R2\ (R1+RL)/R1+R2+RL1$$

การคำนวณหาค่า

$$UTP = Vcc/(R1+R2+RL1/R2) + (R1+RL1/RE\ (hFE + 1))$$

หมายเหตุ ค่า hFE ที่เลือกมาใช้ในการคำนวณหาค่าUTPและLTP จะต้องเป็นค่า hFE ในย่านแอคตีฟ

2.10.4 ฮีสเตอรีซีส (Hysteresis)

ฮีสเตอรีซีส เกิดขึ้นในวงจรชมิทท์-ทริกเกอร์ เนื่องจากการฟีดแบค (Feed Back) จากแรงไฟที่ตกคร่อม RE ซึ่งต่อร่วมกับอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัว ผลลัพธ์นี้ทำให้แรงไฟ LTP มีค่าต่ำกว่าแรงไฟ UTP ที่ทำให้วงจรเปลี่ยนสภาวะในตอนแรก

ค่าระยะเวลาที่สัญญาณอินพุทมีค่าเท่ากับแรงไฟ LTP ที่ทำให้วงจรเปลี่ยนสภาวะได้นั้น ขึ้นกับค่าไวลท์เตจเกณฑ์ของวงจรซึ่งจะต้องมีค่ามากกว่าหนึ่งเสมอ การปรับค่าไวลท์เตจเกณฑ์ของวงจรให้ได้ตามที่กำหนด สามารถทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ใช้กันมากก็คือ การปรับเลือตราส่วนระหว่างค่าความต้านทาน R1 และ RL1 ถ้าสามารถปรับให้ค่าไวลท์เตจเกณฑ์ของวงจรมีค่าเป็นหนึ่งได้ เราจะได้ค่า UTP เท่ากับ LTP (ค่าฮีสเตอรีซีสเป็นศูนย์) ฉะนั้นถ้าตั้งสมการของ UTP ให้เท่ากับสมการ LTP เราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง R1 และ RL1 นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

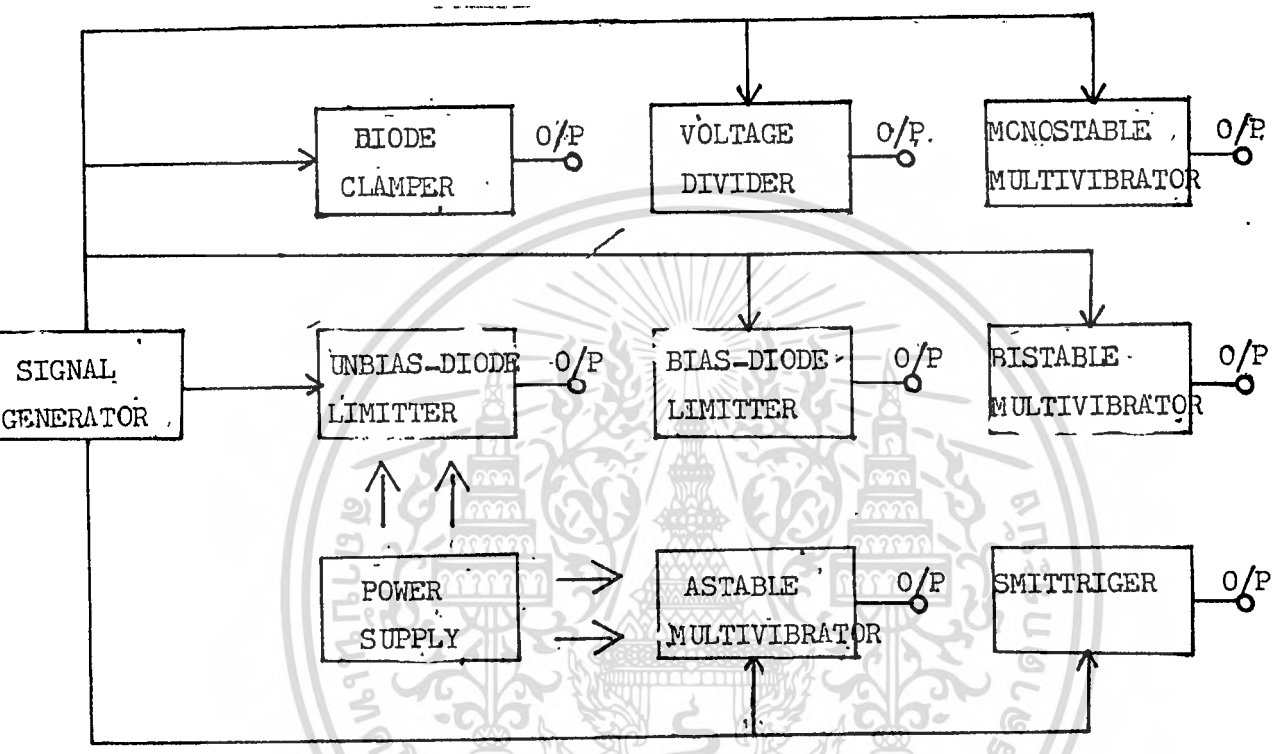
บทที่ 3

ชุดฝึกวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง

3.1.1 แนวความคิดในการออกแบบชุดฝึกวงจรพัลซ์

ในบทที่ 1 และที่ 2 เราได้ศึกษาในภาคทฤษฎีของวงจรพัลซ์ในรูปแบบต่าง ๆ ของวงจรที่จำเป็นเบื้องต้นในวิชาวงจรพัลซ์ ซึ่งวงจรทั่วไปเหล่านั้นจะถูกนำมาออกแบบเป็นวงจรภายในชุดฝึกซึ่งจะได้กล่าวต่อไปนี้

บล็อกไดอะแกรมของวงจร



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดฝึกวงจรพัลซ์

จากบล็อกไดอะแกรม เราจะพบว่าวงจรพื้นฐานทั้งหมดจะมีอยู่ 8 วงจร คือ วงจร Diode clamper, Unbias-Diode Limifters, Voltage Divider, Blas-diode Limifter, Astable multivibrator, Monostable multivlbrater, Bistable multivibrator และวงจร Smittriger วงจรประกอบทุกวงจรจะถูกต่อเข้ากับวงจรเครื่องกำเนิดสัญญาณซายสแควเวฟพร้อมทั้งวงจรแหล่งจ่ายไฟทุกวงจร และแต่ละวงจรจะมีเอ้าท์พุทออกเป็นลักษณะแยกเอ้าท์พุทของใครของมันซึ่งจะทำให้วงจรไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน

อนึ่ง วงจรแต่ละวงจรจะมีการปรับแต่งค่าวงจรต่าง ๆ อยู่ภายใน ฉะนั้นจึงต้องมีการปรับหรือเปลี่ยนค่าอุปกรณ์ได้ แม้แต่สัญญาณอินพุทและแหล่งจ่ายของวงจรจะต้องสามารถปรับแต่งได้ เพราะแต่ละวงจรในขณะที่เราใช้ในการทดลองจริงจะต้องถูกปรับ หรือเปลี่ยนค่าตามความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ในการทดลอง ฉะนั้นในเรื่องต่อไป เราจึงจะอธิบายวงจรในแต่ละวงจร แยกออกเพื่อที่จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

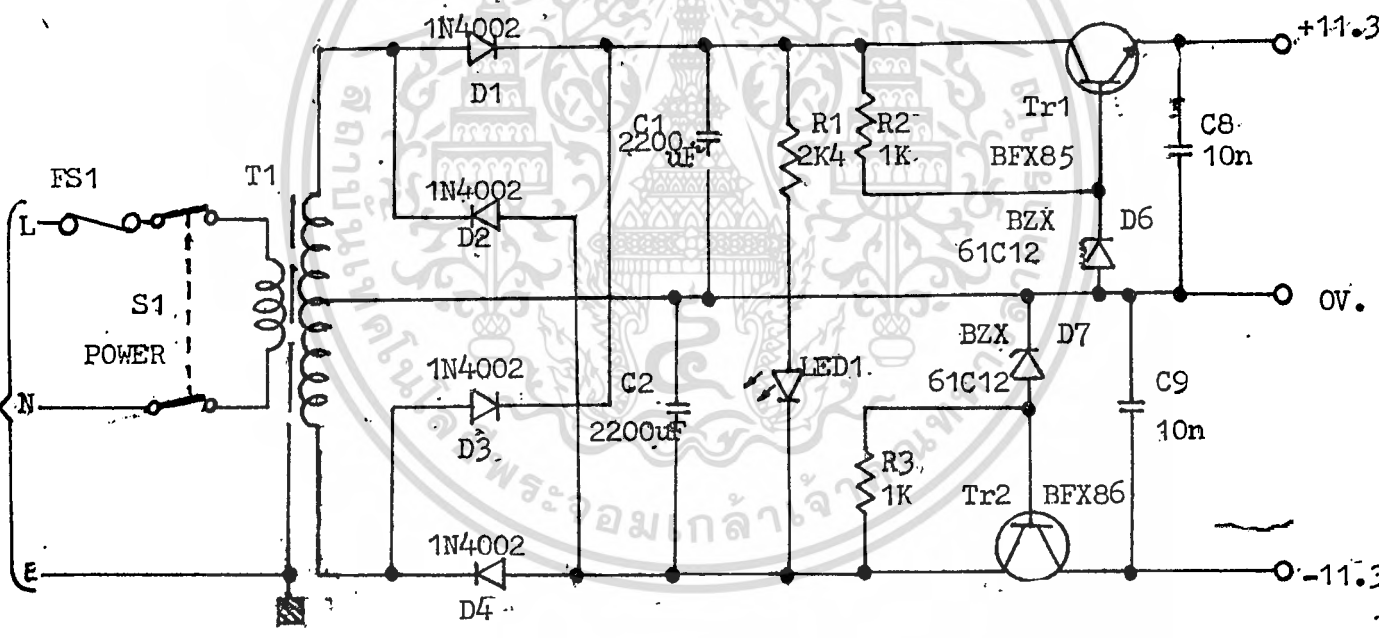
ไม่เกิดความสับสนในการนำไปใช้งานจริง ๆ

3.1.2 ชุดเครื่องกำเนิดสัญญาณ

เครื่องกำเนิดสัญญาณชุดนี้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่ใช้กับงานทดลองทางด้านดิจิตอลและบล็อก เพราะสามารถให้ความถี่ของเอ้าท์พุทอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 เฮิทซ์ ถึง 70 กิโลเฮิทซ์ โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ 10-700 เฮิทซ์, 100-7,000 เฮิทซ์และ 1-70 กิโลเฮิทซ์ นอกจากนี้อาจจะขยายย่านความถี่ออกไปได้ถึง 500 กิโลเฮิทซ์อีกด้วย สำหรับแรงดันทางด้านเอ้าท์พุทสามารถปรับเปลี่ยนได้สูงถึง 4 โวลท์ (ยอดต่อยอด)

ภาคแหล่งจ่ายกำลัง

จากวงจรในรูปที่ 3.2 เป็นภาคแหล่งจ่ายกำลังของวงจรที่ใช้กับเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ต่ำที่จะผลิตแรงดันขนาด 12 โวลท์และ -11.3 โวลท์จากอินพุทไฟสลับ 220 โวลท์ ซึ่งแรงดันโดยเฉพาะดังกล่าวนี้เป็นขนาดนี้ได้เลือกแล้วว่าได้สมรรถนะที่ดีที่สุดโดยมีการเคลื่อน (drift) อณหภมิต่ำที่สด



รูปที่ 3.2 วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.2 เมนส์อินพุทป้อนเข้าวงจรทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 แล้วเกิดเอ้าท์พุทออกขดลงแท็พกลางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง 24 โวลท์ (12-0-12 โวลท์) นี้ส่งเข้าไปแรงกระแสออกเป็นกระแสไฟตรงด้วย ไดโอด D1, D2, D3 และ D4 ก่อนกรองกระแสอีกทีด้วย คอนเดนเซอร์ C1 และ C2 ซึ่งมีค่า 2,200 F50V เพื่อให้ได้แรงดันที่ยังไม่เรกูเลท ประมาณ + 17 โวลท์ เข้าที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Tr1 และ Tr2 ตามลำดับ โดยทรานซิสเตอร์เหล่านี้

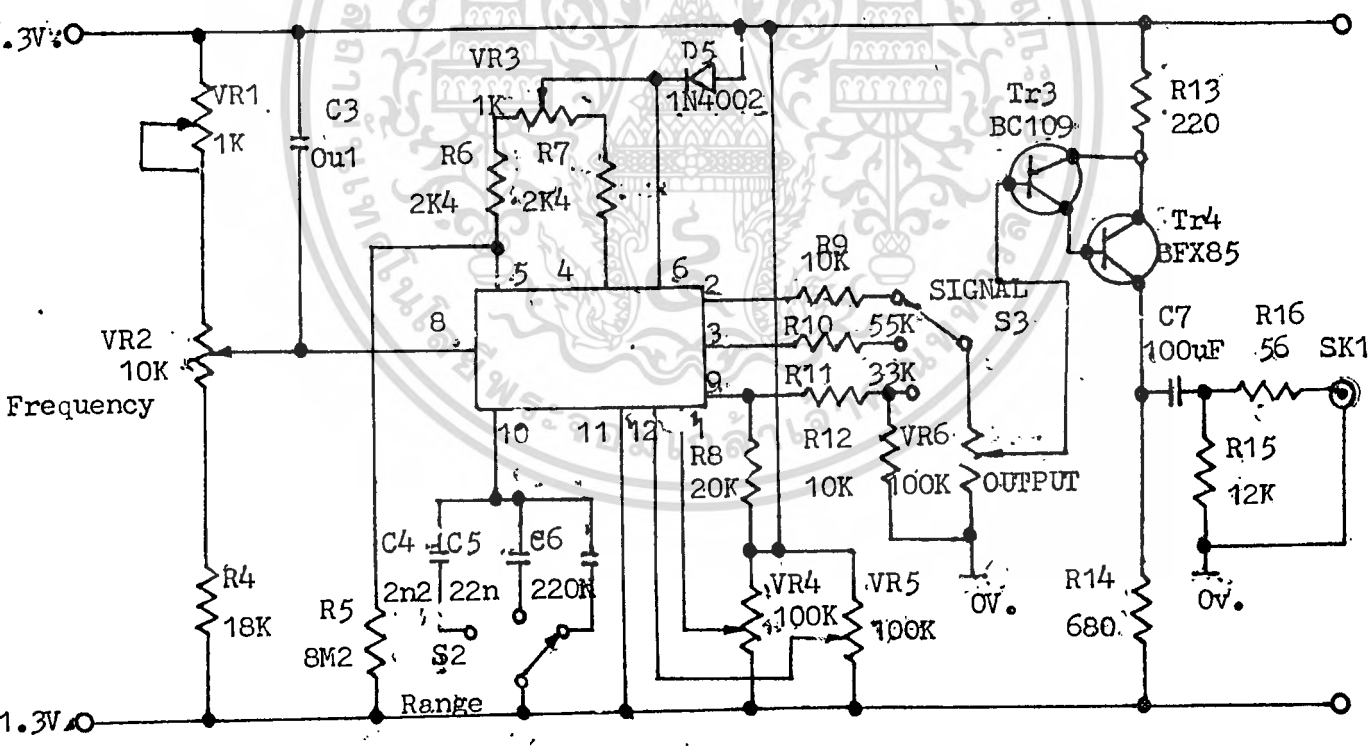
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรูปแบบวงจรแบบเบสร่วม (common-base) ทั้งนี้ กระแสเบสและการควบคุมไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ได้จากค่า R2 และ R3 ซึ่งมีค่า 1K สำหรับแรงดันตัวยิงที่ขาเบสนั้น เราก็หาได้โดยใช้ซีเนอร์ไดโอด 12 โวลท์ (คือ D6 และ D7 ในวงจร)

แรงดันเอ้าท์พุทจากขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Tr1 และ Tr2 (ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BFx 85 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ชนิดซิลิกอน และเบอร์ BFx 88 เป็น P-N-P ชนิดซิลิกอน ซึ่งดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก) นั้นจะถูกคงที่ไว้ที่ค่า + 11.3 โวลท์ โดยเทียบกับ 0 โวลท์ สำหรับไดโอดเปล่งแสง (LED 1) นั้นใช้แสดงการปิดเปิดวงจร (โดยต่อคร่อมอยู่กับเอ้าท์พุทที่ยังไม่ได้เร็กกูเลทของชุดไดโอดเร็คติไฟร์เออร์ D1-D4) และตัดเอาไว้ที่เครื่องเพื่อสะดวกในการตรวจเช็ค เช่นเดียวกับสวิทช์ปิด เปิด สำหรับกระแสที่ไหลผ่านไดโอดจะถูกจำกัดเอาไว้ประมาณ 12 มิลิแอมป์ ด้วยตัวต้านทาน 121 ซึ่งมีค่า 2.4 K

วงจรกำเนิดสัญญาณ

ในวงจรรูปที่ 3.3 ด้านล่างเราใช้ไอซีเบอร์ 8038 ของ X12 ร่วมกับอุปกรณ์ประกอบร่วมโดยมีทรานซิสเตอร์ Tr3 เบอร์ Bc 109 และ Tr4 เบอร์ BF X85 เป็นตัวขยายสัญญาณแบบดาร์ลิงตันคู่ เอ้าท์พุทยิมพีแดนซ์และขนาดของรูปคลื่นเหล่านี้แปรเปลี่ยนได้มาก สำหรับตัวต้านทานคนุกรม



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แสดงรูปขาของ IC 8038 (ซึ่งรายละเอียดสามารถดูได้ภายนอก) R9 - R10 และ R11 ค่า 10K, 56K และ 33K ตามลำดับในวงจรทำหน้าที่ผลิตรูปคลื่นที่มีขนาดเท่ากันประมาณ 4 โวลท์ (ยอดต่อยอด) เอ้าท์พุทรูปสแควเวฟนั้นเราต่อเข้ากับแรงดันแหล่งจ่ายผ่านตัวต้านทาน R8 ค่า 20K ทั้งนี้เพราะรูปคลื่นเอ้าท์พุทที่งหมดจะถูกทำให้สมดุลย์ประมาณ 0 โวลท์ โดยรูปคลื่นที่ต้องการเราก็สามารถที่จะเลือกได้ด้วยสวิทช์ S3 ซึ่งติดอยู่ที่แผงด้านบนของเครื่องและขนาดของเอ้าท์พุทก็สามารถปรับได้โดยโพเท็นชิโอมิเตอร์ VR6 ซึ่งติดอยู่ด้านบนของเครื่องเช่นกัน

เอ้าท์พุทจากไอซี IC1 จะถูกบัฟเฟอร์และขยายด้วยทรานซิสเตอร์คู่ Tr3 และ Tr4 ซึ่งต่อกันเป็นแบบคู่ดาร์ลิงตันคอลเล็คเตอร์ร่วม (การต่อแบบนี้จะทำให้ได้อัตราขยายทางกระแสสูงที่สุดแต่อัตราขยายแรงดันน้อยมาก) ตัวต้านทาน R13 และ R14 ค่า 220 และ 680 จะทำหน้าที่จัดไบอัสไฟตรงให้กับทรานซิสเตอร์ Tr3 และ Tr4 ส่วนตัวเก็บประจุ C7 ค่า 100 จะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นไฟตรงสำหรับรูปคลื่นเอ้าท์พุท ซึ่งเทียบกับ 0 โวลท์ด้วย ตัวต้านทาน R15, R16 ค่า 56 และ 12K นั้นจะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายอันที่อาจจะเกิดจากการลัดวงจรของทางเอ้าท์พุทเกิดขึ้น สำหรับ VR3 นั้นจะทำหน้าที่ปรับค่า Duty cycle ซึ่งเราได้คลิบายไว้แล้วในบทที่2 VR2 จะทำหน้าที่เป็นตัวปรับความถี่ตามที่เราต้องการ มีค่า 10K เป็นแบบลิเนียร์

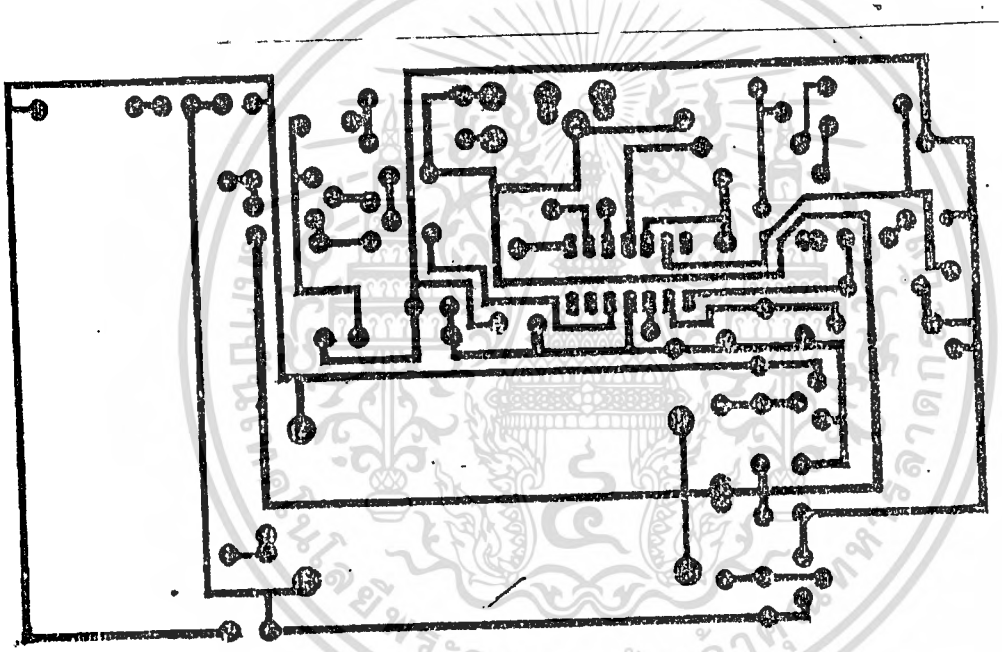
ตามวงจรนี้เอ้าท์พุทอิมพีแดนซ์ของเครื่องมีค่าประมาณ 100 โวลท์สำหรับการตรวจสอบแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเสียก่อนว่าถูกต้องหรือไม่ ทั้งนี้ยอมให้คลาดเคลื่อนได้เพียง + 0.2 โวลท์เท่านั้น จากการทำต้นแบบนั้น ไอซี 8038 นั้นใช้เสียบเข้ากับซอคเกท (มิได้เสียบเข้ากับแผ่นบอร์ดโดยตรง) ดังนั้นอย่าเพิ่มเสียบไอซีลงในซอคเกทจนกว่าจะได้ทำการตรวจสอบแรงดันว่าถูกต้องแล้วขั้นตอนต่อไปให้ปรับโพเท็นชิโอมิเตอร์และปรีเซ็ท (pre-set) ทุกตัวไว้ที่ตำแหน่งกลาง ๆ สังเกตดูรูปคลื่นเอ้าท์พุทที่ได้จากขา 2,3, และ 9 ของไอซีโดยใช้ออสซิโลสโคปทั้งนี้ยอดต่อยอดโดยประมาณของรูปคลื่นควรเป็น 20 โวลท์ สำหรับรูปคลื่นสแควเวฟ 6.5 โวลท์ สำหรับเอ้าท์พุทรูปสามเหลี่ยม (Saw-tooth) และ 4 โวลท์สำหรับรูปคลื่นซายน์เวฟ และการเปลี่ยนย่านความถี่โดยการปรับสวิทช์ S2 นั้นจะทำให้ความถี่เปลี่ยนไป 10 เท่า

หลังจากที่ทดลองจนแน่ใจว่าการทำงานของไอซีถูกต้องก็ทำการทดสอบเอ้าท์พุทบัฟเฟอร์ด้วยการเปรียบเทียบรูปคลื่นที่ขาของ VR6 (ควรจะได้รูปคลื่นถึง 4 โวลท์ ยอดต่อยอด ในการเลือกสัญญาณต่าง ๆ ทั้งหมด) กับรูปคลื่นที่ได้ออกมาจากซ็อคเกทเอาท์พุท 8K1 โดยในทุก ๆ กรณีรูปคลื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ควรจะต้องเหมือนกันทั้งสองจุด

การปรับเราใช้ออสซิโลสโคปและเครื่องวัดความถี่ถ้าหากเราทราบฐานเวลา (time-base) ที่จะให้การปรับแต่งได้เที่ยงตรงของมัน เลือกย่านของเครื่องกำเนิดความถี่ต่ำ (S2) ควรตั้งไว้ที่ตำแหน่ง X1 และ VR2 ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาไปจนสุด (ความถี่ต่ำสุด) ต่อไปก็ปรับ VR1 จนกระทั่งครบที่เอ้าท์พุทเป็น 10 เฮิทซ์ การเปลี่ยนย่านจะมีผลทำให้ความถี่เอ้าท์พุทมีค่าประมาณ 100 เฮิทซ์ และ 1 กิโลเฮิทซ์ จากนั้นก็ทำวิธีการเดิมด้วยการปรับ VR2 ไปที่ตำแหน่งความถี่สูงสุดของมัน (หมุนตามเข็มนาฬิกาไปจนสุด) จะได้ความถี่เอ้าท์พุทคลาดมาประมาณ 700 Hz, 7 KHz และ 70 KHz ในกรณีที่เอ้าท์พุทรูปคลื่นซายน์ที่ได้ยังไม่ดีพอก็ให้ปรับแต่งได้ด้วย VR4 และ VR5 ทั้งนี้ด้วยการตั้งความถี่เอ้าท์พุทเดาไว้ที่ประมาณ 1 กิโลเฮิทซ์ ในช่วง * 10 และแน่นอนหากปรับถูกต้องแล้วเส้นที่ลากบนจอออสซิโลสโคปก็จะเหมือนกับรูปคลื่นซายน์จริง ๆ



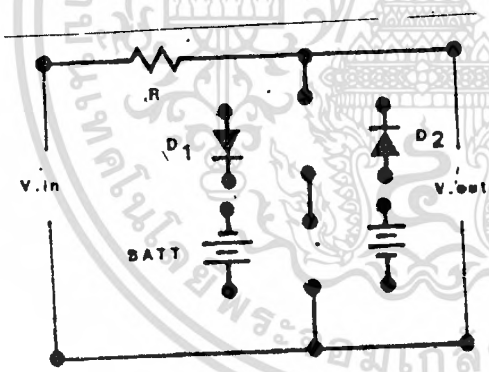
รูปที่ 3.5 แผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

3.2.1 วงจรไดโอดลิมิตเตอร์แบบชันท์ไดโอด ลิมิตเตอร์

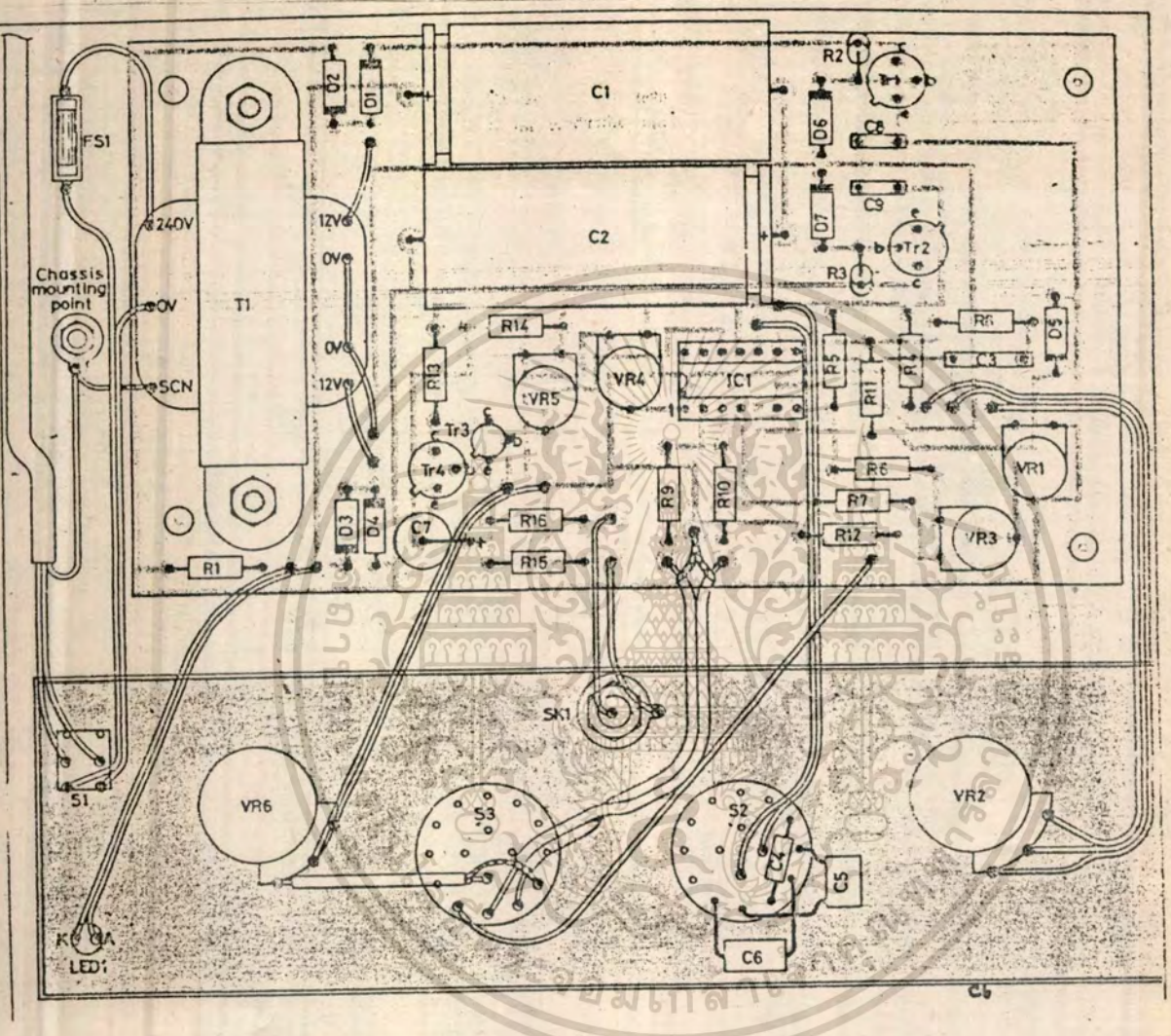
จากบทที่ 2 จะได้ขออธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจได้โดยง่าย วงจรลิมิตเตอร์หรือเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่าวงจรคลิพเปอร์ (Clipper) เป็นวงจรที่ใช้ทำหน้าที่กำจัดยอดของแอมปลิจูดอาจจะจำกัดทั้งยอดต่ำยอดหรือยอดคลื่นใดคลื่นหนึ่ง (คือคลื่นเอาท์หรือคลื่นอิน) ก็ได้ส่วนที่เกินพ้นแอมปลิจูดจะถูกตัดออกไปให้เหลือขนาดตามต้องการ จากวงจรในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรไดโอดลิมิตเตอร์ชนิดไม่มีไบอัส

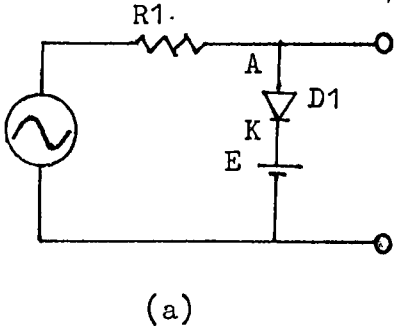
จากวงจรในรูปที่ 3.7 จะประกอบไปด้วย R1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100K ต่อเพื่อเป็นตัวลดสัญญาณอินพุท และจะต่ออยู่กับไดโอดซึ่งไดโอดที่ต่อไว้จะต่อไว้เป็น 2 แบบด้วยกัน คือ ต่อแบบอันดับ (Series-Diode Limitters) และต่อแบบขนาน (Parallel Diode Limitters) โดยเราจะใช้ Sw เลือก 1 ตัวเลือกว่าจะให้ไดโอดต่อกับวงจร ลักษณะใดพร้อมกันนั้นก็ได้ต่อกับแหล่งจ่าย 5 V ซึ่งต่ออยู่ใน 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน เพื่อที่จะทำการทดลองว่าการลิมิตเตอร์ของไดโอดจะเป็นไปในลักษณะใด โดยต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณชายน์-สแควเวฟ เข้าที่ Imput และ ใช้ออสซิโลสโคป จับดูรูปคลื่นที่เอ้าท์พุทดู จากวงจรรูปที่ 3.7 เราสามารถที่จะอธิบายการทำงานได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

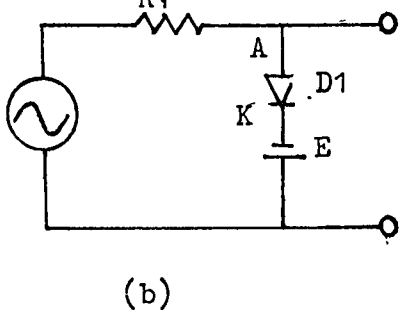


รูปที่ 3.6

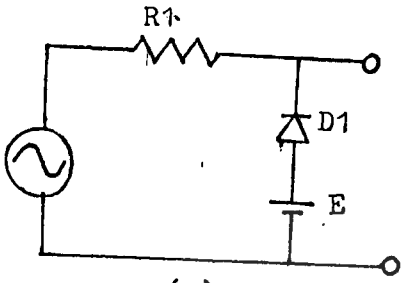
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



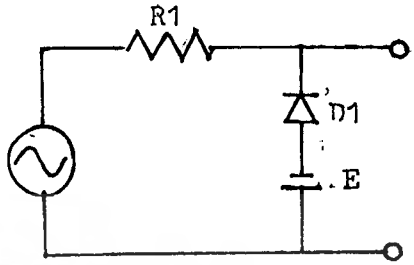
(a)



(b)



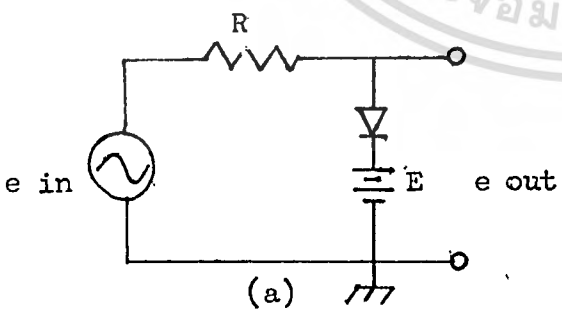
(c)



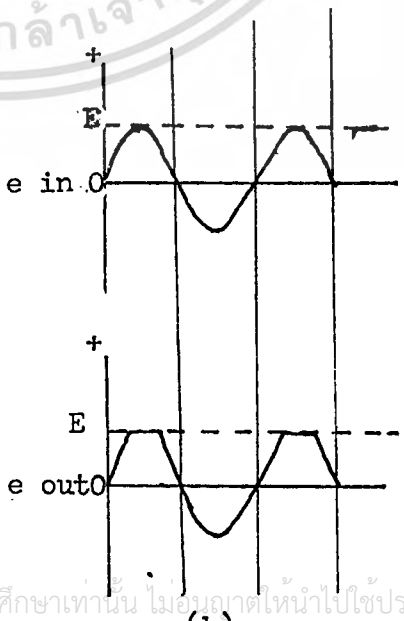
(d)

รูปที่ 3.8 a,b,c,d วงจรซึ่งแยกออกมาอย่างง่าย

จากวงจรในรูปที่ 3.7 เราจะเห็นว่าเราสามารถที่จะแยกวงจรออกมาได้ถึง 4 วงจร ด้วยกันคือ วงจรในรูป 3.8 (a) เป็นวงจรคลิปเปอร์แบบชันท์-ไดโอดชนิดนี้มีแบตเตอรี่-ไบอัส เมื่อไดโอด D ได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส (จะมีลักษณะเหมือนสวิทช์ "ON") ค่าเอ้าท์พุทโวลท์เตจจะมีค่าเท่ากับแรงไฟจากแบตเตอรี่ (+E Volts) เมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัส ดังในรูปที่ 3.8 (b) (จะมีลักษณะเหมือนสวิทช์ OOF) สัญญาณเอ้าท์พุทจะมีค่าเท่ากับสัญญาณอินพุท และเมื่อสัญญาณอินพุทเป็นศูนย์ทางด้านอินพุท ซึ่งเสมือนลัดวงจรอยู่ (short circuit) แบตเตอรี่ซึ่งมีแรงไฟเท่ากับ E โวลท์ จะทำให้ไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัส ทำให้ไดโอดเป็นเสมือนวงจรเปิด (Open circuit) สัญญาณที่เอ้าท์พุท ก็จะมีค่าเท่ากับสัญญาณที่อินพุท คือ ศูนย์โวลท์



(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 Bias Shunt - clipper

พิจารณา เมื่อสัญญาณอินพุท เป็นรูปชายเวฟ ในช่วงซีกลบของสัญญาณอินพุท สัญญาณอินพุท จะ เสมือนต่อกันดับกับแรงไฟจากแบต เตอรี่ (+E) ทำให้ไดโอดได้รับเรี เวอร์สไบอัส ไดโอด่จะไม่ นำกระแสในช่วงนี้ ทำให้วงจร เป็น เสมือน Open circuit สัญญาณอินพุทในซีกลบจึงปรากฏที่ เอ้าท์พุท ของวงจรได้ในทางตรงข้าม เมื่อสัญญาณอินพุทอยู่ในช่วงซีกบวก ค่าโวลท์ เตจของสัญญาณอินพุทจะหักล้าง กับค่าแรงไฟจากแบต เตอรี่ได้ เป็นแรงไฟนี้จะไบอัสให้กับไดโอด ฉะนั้นถ้าแรงไฟอินพุทมีค่าน้อยกว่าหรือ เท่ากับแรงไฟจากแบต เตอรี่ (+E) ไดโอดจะได้รับเรี เวอร์สไบอัสอยู่ เหมือน เดิม สัญญาณนี้คินพุทในช่วง นี้จึงปรากฏที่ เอ้าท์พุทได้ (เพราะไดโอด เป็น เสมือนสวิทช์ OFF) แต่ถ้าสัญญาณอินพุทในซีกบวกของสัญญาณ มีค่ามากกว่าแรงไฟจากแบต เตอรี่แล้วจะทำไดโอดได้รับฟอร์ เวอร์สไบอัสทันที ไดโอดจะ เสมือนลัดวง- จร เอ้าท์พุทที่ได้จะมีค่าคงที่ เท่ากับแรงไฟจากแบต เตอรี่ (+E โวลท์) ดังรูป เวฟฟอร์มของสัญญาณอิน- พุท และ เอ้าท์พุทในรูปที่ 3.9 (a) และ (b)

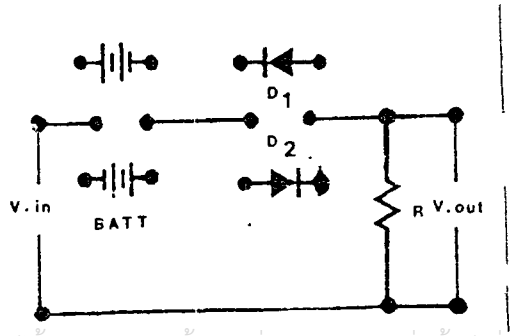
สำหรับผลการทดลองของวงจรจะได้อธิบายและแสดงผลให้ดูในบทต่อ ๆ ไป

รูปที่ 3.10 แสดงรูปแผ่นวงจรพิมพ์ของสายวงจรขนาด เท่าของจริง

จากวงจรพิมพ์ด้านอุปกรณ์ จะพบว่า เราได้ต่อสวิทช์ไยกไว้ เพื่อทำการ เปลี่ยนขั้วของ แบต เตอรี่ และ เปลี่ยนขั้วของไดโอดในรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะได้ทราบถึงผลของการทำงานของไดโอด ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อที่จะได้ทราบถึงผลของการทำงานของไดโอด เมื่อมีไบอัสและไม่มีไบอัส

3.3.1 วงจรไดโอดลิมิต เตอร์แบบซีรัส - ไดโอด

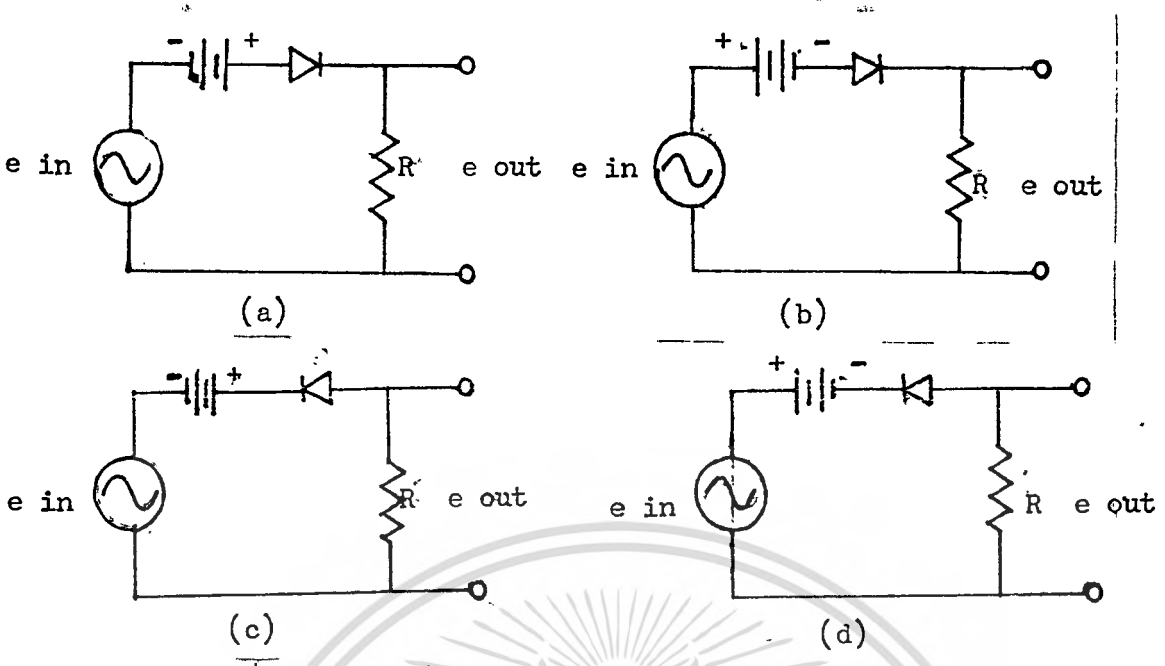
จากหัวข้อที่ 3.2.1 เราได้อธิบายถึงวงจรลิมิต เตอร์ว่ามีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบ ชันท์-ไดโอด และ แบบซีริส-ไดโอด สำหรับที่จะกล่าวและอธิบายต่อไปนี้คือ วงจรไดโอดลิมิต เตอร์ แบบซีรัส-ไดโอด ซึ่งวงจรนี้ก็จะถูกจัดไว้ เป็น 2 กรณี เช่นกัน คือ กรณีที่มีไบอัสและไม่มีไบอัส ดังรูป วงจรจริงที่ใช้ใน เครื่องต้นแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 วงจรซีรัส - ไดโอด

สำหรับวงจรในรูปที่ 3.11 เราก็สามารถที่จะจัดวงจรใหม่ได้ ดังรูปที่ 3.12 คือ



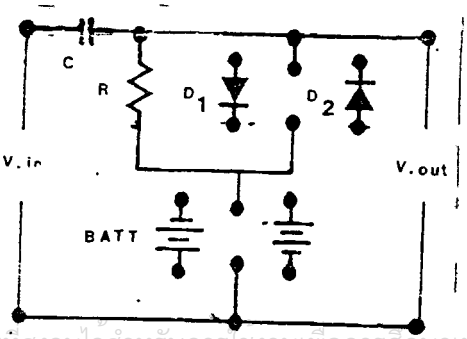
รูปที่ 3.12 วงจรซึ่งแยกออกมา (a), b, c, d

จะเห็นว่าจากวงจรเดียว ภายในเครื่องเราสามารถที่จะทำการทดลอง หรือพิสูจน์การทำงานของวงจรซีรัส-ไดโอด ลิมิตเตอร์ได้ถึง 4 อย่างด้วยกัน เรามาดูรูปที่ 3.11 (a) เมื่อสัญญาณอินพุทอยู่ในซีกลบ ไดโอดจะเสมือน ON อยู่ เพราะได้รับฟอร์เวอร์สไบอัสอยู่ ฉะนั้นเอ้าท์พุทจึงมีค่าเท่ากับอินพุท

รูปที่ 3.12 รูปแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจร

จากรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าการต่อสวิทช์จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับการต่อในข้อที่ 3.3.1 หรือรูปที่ 3.10 คือ มีสวิทช์โยกคอยสับเปลี่ยนแรงไฟของแบตเตอรี่และขั้วของไดโอดในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ไว้ใช้ในการทดลอง

3.4.1 วงจรไดโอดแคล้มเปอร์ (Diode clamper)



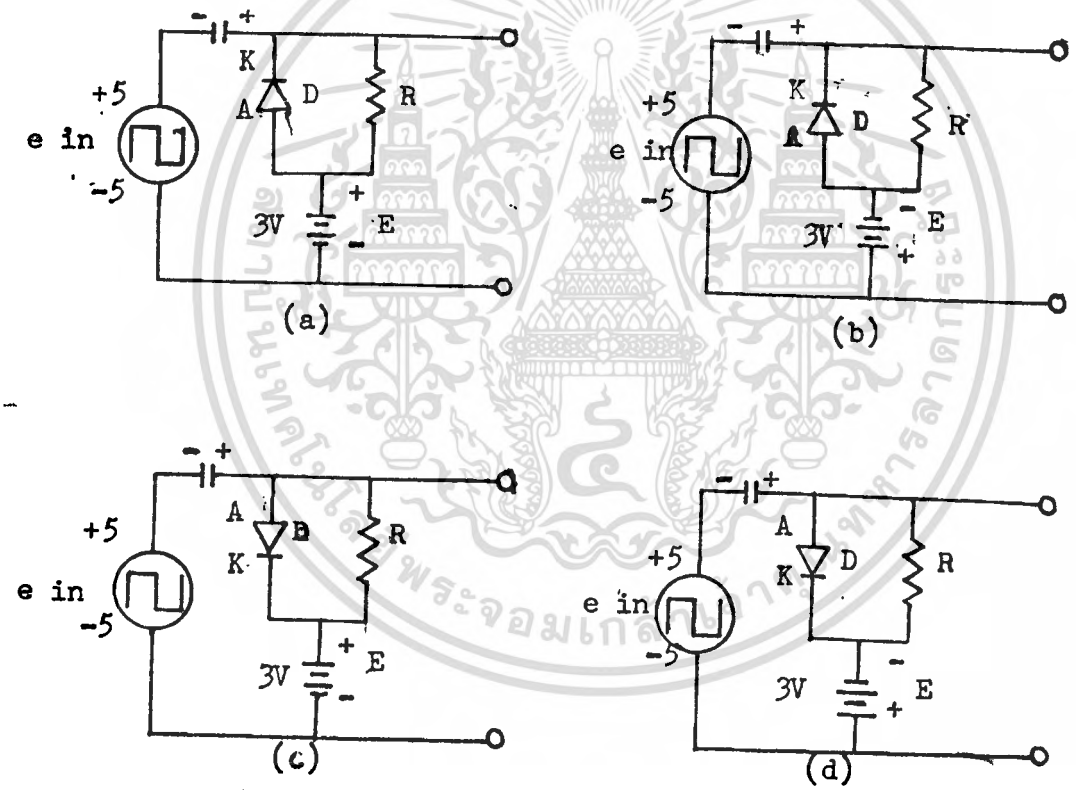
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 วงจรไดโอดแคล้มเปอร์

วงจรแคลมเปอร์หรือวงจร ดี.ซี เรสเตอเรอรี่ (D.C Resterer) หรือวงจร ดี.ซี อินเสอทเตอร์ (D.C Inserter) สัญญาณ เอ.ซี ที่จะใส่ระดับสัญญาณ ดี.ซี เข้าไปในสัญญาณจะเป็นสัญญาณรูปไซน์เวฟ หรือสัญญาณพัลซ์ใด ๆ ก็ได้ ในทางทฤษฎีในบทที่ 2 ได้กล่าวไว้แต่ต้นแล้วว่าสัญญาณที่ผ่านวงจรแคลมเปอร์จะเปลี่ยนระดับ ดี.ซี โวลท์เตจของสัญญาณที่ป้อนเข้าไปเท่านั้น ส่วนรูปร่างของสัญญาณจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแต่อย่างใด

ในการออกแบบวงจรแคลมเปอร์ในทางปฏิบัตินั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไดโอด และค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายสัญญาณที่ถีนพุท และนอกจากนั้นเราจะต้องทราบค่าความถี่ของสัญญาณ (ในกรณีที่เป็นรูปซายน์) หรือค่า Pulse Repetition Rate (ในกรณีที่เป็นสัญญาณรูปสแควเวฟ) เพื่อจะเลือกค่าคาปาซิเตอร์ C ในวงจรด้วย ซึ่งเราได้อธิบายไว้ในบทที่ 2

จากรูปที่ 3.12 เราจะพบว่าเราสามารถที่จะแยกวงจรออกไปได้ถึง 4 วงจรด้วยกันคือ



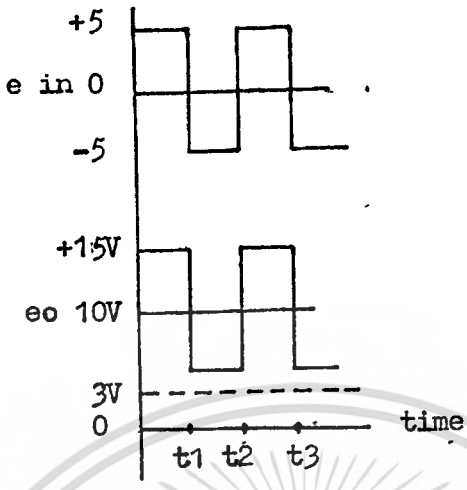
รูปที่ 3.13 วงจรแยกอย่างง่าย

ตัวอย่างการทำงานในรูป 3.13 (a) วงจรแคลมเปอร์แบบมีไบอัส ทำให้เราสามารถแคลมที่ (แหวน) ค่า ดี.ซี โวลท์เต็จของสัญญาณไว้ที่ระดับใด ๆ ก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงไฟไบอัสในวงจรซึ่งต่ออันดับกับวงจรขนานของ R และไดโอด D

ค่าเอ้าท์พุท โวลท์เต็จของวงจรแคลมเปอร์แบบมีไบอัสจะมีค่าเท่ากับผลรวมทางพีชคณิต

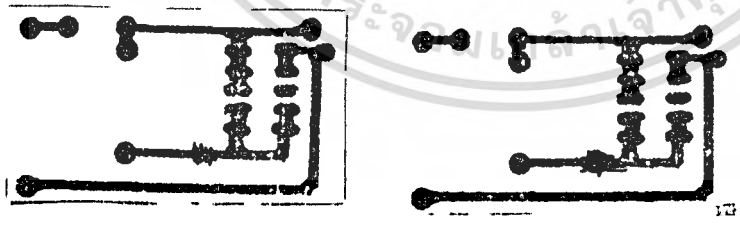
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างสัญญาณอินพุทกับแรงไฟนี้ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ ตัวอย่าง เช่น ในวงจรรูปที่ 3.13 (a) เมื่อสัญญาณอินพุทเป็น -5V อันดับกับแรงไฟไบอัส +3V (E) ดังนี้ผลรวมของค่าโวลท์เตจนี้ จะทำให้ไดโอดได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส คาปาซิเตอร์จะประจุค่าโวลท์เต็จไว้เท่ากับผลรวมของค่าโวลท์เต็จที่ได้ (+8V) โดยมีขั้วและทิศทางตามที่แสดงไว้ในรูป



รูปที่ 3.14 แสดงผลการทดลองของวงจรแคล้มเปอร์ในรูปที่ 3.13 (a)

ที่เวลา to- เมื่อไดโอดได้รับฟอร์เวอร์สไบอัส เอ้าท์พุทโวลท์เตจ จะมีค่าเท่ากับ+3V (E) และเมื่อไดโอดได้รับรีเวอร์ไบอัส ค่าเอ้าท์พุทโวลท์เตจจะมีค่าเท่ากับผลรวมทางพีชคณิตของอินพุทโวลท์เตจ กับโวลท์เตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ ฉะนั้นที่เวลา to+ อินพุทโวลท์เตจจะมีค่าเท่ากับ +5V รวมกับค่าโวลท์เตจที่ตกคร่อม คาปาซิเตกร์อีก +8V รวมเป็น +13V ในทิศทางที่ทำให้ไดโอดได้รับรีเวอร์สไบอัส เอ้าท์พุทโวลท์เตจในขณะนี้จะมีค่าเท่ากับ +13V และที่เวลา t1+ อินพุทโวลท์เตจมีค่าเท่ากับ -5V ต่ออันดับกับโวลท์เตจที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ +8V สัญญาณนี้เอ้าท์พุทก็จะมีค่าเท่ากันผลรวมทางพีชคณิตของค่าโวลท์เตจทั้งสอง คือ +3V เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จะได้เอ้าท์พุทเวฟเปอร์ดังรูปที่ 3.14



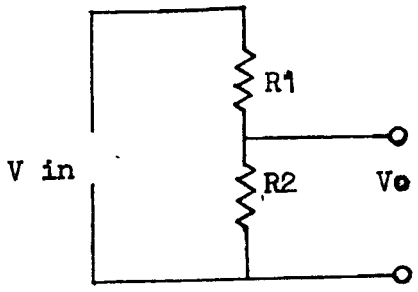
รูปที่ 3.15 แผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง

จากรูปที่ 3.15 (b) จะเห็นว่าวงจรจะประกอบไปด้วยค่า R ซึ่งสามารถปรับค่าได้ เพื่อให้เป็นไปตามทฤษฎีในบทที่ 2 และมีสวิทช์โยก 2 ชุด ไว้สำหรับกลับขั้วไดโอด ภายในวงจรและสวิทช์เปลี่ยนแปลงแหล่งจ่ายในวงจร เพื่อที่จะพิสูจน์ถึงการทำงานของวงจรในขณะมีไบแอสและไม่มีไบแอส

3.5.1 วงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์ คอมเพ็นเซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์ที่เป็น Resistive Network อัตราส่วนระหว่างเอ้าท์พุทและอินพุท โวลท์เต็จจะเท่ากับอัตราส่วนของความต้านทานของเอ้าท์พุทและความต้านทานรวมตลอดวงจร



รูปที่ 3.16

จากทฤษฎีในบทที่ 2

ทำให้ Vo = output Voltage

Vin = input Voltage

R1 + R2 = ค.ต.ท รวมตลอดวงจร

R2 = ค.ต.ท output

จะได้สมการ

$$Vo/Vin = R2/R1 + R2$$

ถ้าหากวงจรมี Capaetor ต่อขนานกับความต้านทานเอ้าท์พุทและอินพุทโวลท์เตจเป็นสแควเวฟ จะทำให้รูปคลื่นของเอ้าท์พุทผิดเพี้ยนไปจากรูปเดิม โดยเกิดการลบเหลี่ยม (Roundiry) ของรูปคลื่นสแควเวฟเปลี่ยนเป็นส่วนโค้งแทน ส่วนโค้งที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าคาปาซิแตนท์ที่ต่อขนานอยู่กับความต้านทานเอ้าท์พุท และ transient time ของวงจร ซึ่งมีสูตรสมการดังนี้

$$\text{Transient time} = 5\ Rc$$

การลบเหลี่ยมของโวลท์เตจที่เป็นรูปสแควเวฟ สามารถชดเชยให้ได้ค่าสูงขึ้นหรือใกล้กับค่าที่เป็นสแควเวฟเดิมได้โดยการนำคาปาซิเตอร์ที่มีค่าความจุพอเหมาะสมต่อขนานกับความต้านทานที่เหลือของวงจรซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$R1C1 = R2C2$$

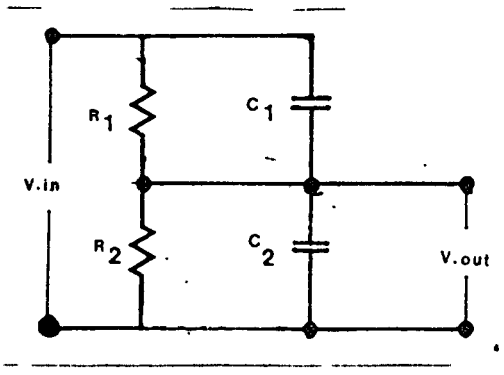
R1 = ความต้านทานที่เหลือของวงจร

R2 = ความต้านทานที่เอ้าท์พุท

Cc = คาปาซิเตอร์ที่นำมาต่อชดเชย

Cs = คาปาซิเตอร์ที่ต่อขนานกับเอ้าท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 รูปวงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์

จากวงจรรูปที่ 3.17 เราจะนำค่า R1 และ R2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 K และต่อขนานกับคอนเด็นเซอร์ซึ่งมีค่าความจุประมาณ 0.01 F ทั้งสองตัวซึ่ง C1 และ C2 จะถูกแยกออกจากันโดยผ่านสวิทช์ คือเราสามารถที่จะตัด C1 ออกจากวงจรได้ เพื่อทำการทดลองในกรณีที่เราต่อ C2 อย่างเดียว และในเวลาต่อมาเราก็สามารถที่จะต่อ C1 เข้าไปในวงจรได้เช่นเดียวกันโดยโยกสวิทช์กลับมาเท่านั้น สัญญาณอินพุทเราก็สามารถที่จะทดลองป้อนสัญญาณซายน์เวฟหรือสแควเวฟเข้าไปได้ เพื่อประโยชน์ในการทดลอง ค่า R1 R2 และค่า C1 C2 เราสามารถที่จะปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าความจุได้ทั้งสี่ตัว เพื่อสะดวกในการปรับหรือเช็คดูรูปคลื่นในรูปแบบต่าง ๆ กัน หรือในลักษณะที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎี

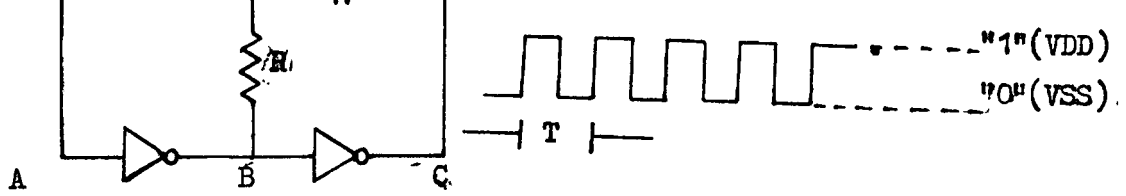
รูปที่ 3.18 (a) รูปแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริงของวงจร

(b) แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์

3.6.1 วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

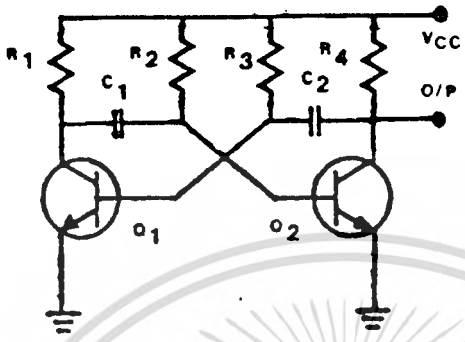
วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เรามักจะเรียกว่าวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ก็เป็นที่รู้กันว่าเป็นวงจรที่ให้กำเนิดสัญญาณพัลซ์ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเราสามารถสร้างได้จากเกท CMOS วงจรนี้เป็นวงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ คือรูปที่ 3.19 โดยอาศัยคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์และการเก็บประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ C ในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 วงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ซึ่งทำจาก CMOS

จากรูปที่ 3.20 จะพบว่าเป็นวงจรพื้นฐานของมัลติไวเบรเตอร์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว เป็นตัวช่วยในการทำงาน



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรพื้นฐานอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

แต่ในการทำงานหรือในการปฏิบัติจริง เราไม่ได้ใช้วงจรในรูปที่ 3.20 แต่ใช้ตัวอย่างในรูปที่ 3.19แทน เพราะสาเหตุว่าสมรรถนะภาพในการทำงานจริง CMOS จะทำงานได้ดีกว่าวงจรในรูปที่ 3.20

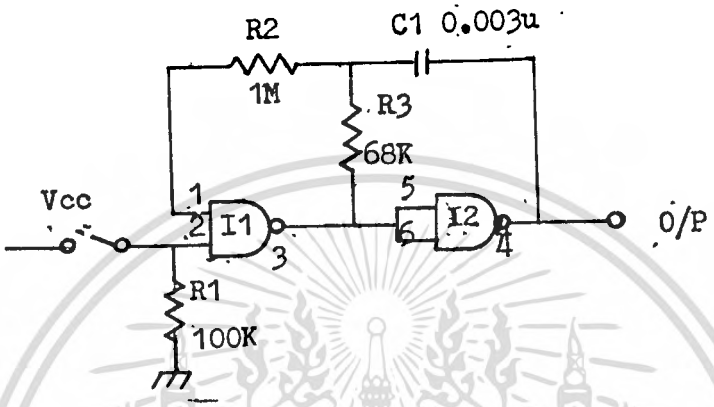
จากรูปที่ 3.19 จะเห็นว่าเป็นวงจรง่าย ๆ แต่การอธิบายให้เข้าใจ การทำงานของวงจรก็ทำได้ยากเหมือนกัน เพื่อสะดวกในการอธิบายเราจะตั้งชื่อจุดต่าง ๆ ในวงจร เช่น A, B, C และ D ที่จริงจุด A และ D ก็เป็นจุดเดียวกันแต่เพื่อความสะดวกในการอธิบายจะแยกกัน คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์คือ อินพุทและเอ้าท์พุท นั่นจะมีสัญญาณตรงข้ามกันตลอดเวลา

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.19 สมมุติว่าที่จุด C สัญญาณเป็น "1" ดังนั้นที่ B จะต้องเป็น "0" ตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จจากแรงดันสูงที่ C ไปหา B คล่างแน่นอน จะปรากฏว่ามีกระแสไหลจาก C ผ่านตัวเก็บประจุ ผ่านตัวต้านทานไปยังจุด B เมื่อมีกระแสไฟผ่าน ตัวต้านทาน D จะเกิดแรงดันตกคร่อม ทำให้แรงดันที่จุด D หรือ A สูงกว่า B ซึ่งขณะนั้นเป็น "0" โวลท์ แรงดันนี้จะเป็นแรงดันบวกจึงมีสภาวะเป็น "1" เมื่อ A เป็น "1", B เป็น "0" ด้วย ดังนั้นสภาวะนี้จึงคงอยู่ของมันแบบนี้ไปชั่วขณะหนึ่งได้

การชาร์จตัวเก็บประจุนี้จะใช้เวลาไม่มาก ช่วงเวลาในการชาร์จจะขึ้นกับค่า R และ C ถ้า R * C ใหญ่ก็จะนาน ถ้าเล็กก็จะเร็ว แต่เมื่อชาร์จตัวเก็บประจุเต็มแล้ว กระแสจะหยุดไหลทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานไม่มีแรงดันที่ D จึงเป็น "0" ตรงนี้เองที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง คราวนี้ที่ A "0" B จึงเป็น "1" และC ก็เปลี่ยนเป็น "0" ทุกจุดมีสถานะตรงข้ามกับสถานะแรกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ B เป็น "1" และ C เป็น "0" ก็จะเกิดการชาร์จตัวเก็บประจุอีก แต่คราวนี้กระแสจะไหลจากจุด B ผ่านตัวต้านทาน ผ่านตัวเก็บประจุไปยังจุด C จึงมีทิศทางไหลของกระแสตรงข้ามกับการชาร์จครั้งแรก เมื่อกระแสไหลกลับทิศ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะมีทิศทางตรงข้ามทำให้แรงดันที่ D ต่ำกว่าที่ B คือมีสภาวะเป็น "0" นั่นเองสภาวะนี้ก็จะยังคงอยู่ชั่วคราวต่อไปอีกจนกว่าตัวเก็บประจุจะถูกชาร์จเต็มและกระแสหยุดไหล นั่นก็คือแรงดันที่ D จะสูงกว่า B เป็นผลให้A เปลี่ยนเป็น "1" จึงต้องเป็น "0" และ C เป็น "1" กลับมาอยู่ในสภาวะเริ่มแรกที่เราเริ่มอธิบายนั่นเอง การชาร์จตัวเก็บประจุและการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ส่วนต่าง ๆ ก็จะดำเนินไปเรื่อย ๆ วนเวียนอยู่เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ



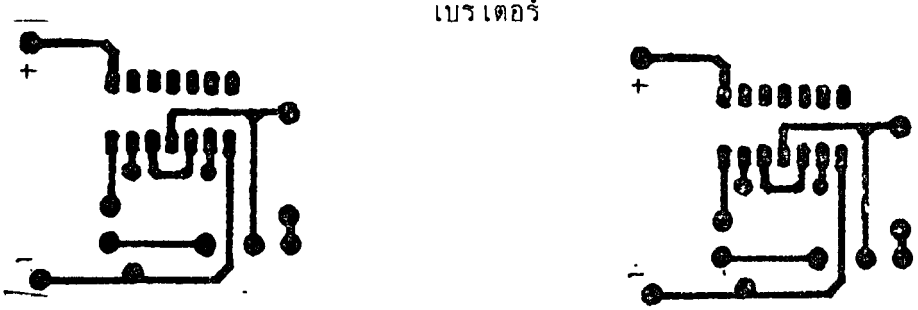
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรจริงที่ใช้ในเครื่องของอะสเตเบิล มัลติไวเรเตอร์โดยใช้ IC เบอร์ MC 14011 UPC

วงจรในรูปจะต่างไปจากหลักการในรูปที่ 3.19 ตรงที่ใช้เกท NAND J1 และ J2 แทนการใช้อินเวอร์เตอร์ ข้อดีคือ เราสามารถหยุดการออสซิเลคได้ โดยเราสามารถตัดการทำงานที่ขา 2 ของเกท I1 เมื่อเราป้อนแรงไฟเข้าที่ขา 2 จะได้รับสัญญาณ "1" ทำให้ขา 1 และขา 3 ของเกทมีความสัมพันธ์กันเหมือนอินเวอร์เตอร์ ทำให้เกท I1 และ I2 ทำงานเป็นมัลติไวเบรเตอร์ทันที แต่ถ้าหยุดป้อนไฟที่ขา2 ขา2จะได้รับสัญญาณ "0" เพราะมีตัวต้านทานต่อลงกราวด์ไปซึ่งจะทำให้เอ้าท์พุทของเกท NAND I1 เป็น "1" เสมอ ไม่ว่าขา 1 จะมีสัญญาณอะไรเข้ามา มีผลให้มัลติไว-เบรเตอร์หยุดการออสซิเลทลงทันที

การออสซิเลทจะเหมาะสมจะขึ้นอยู่กับการเลือก C1 และ R3 ที่เหมาะสมจะได้ความถี่ที่สวยหรู ลอดลดหรือเพิ่มค่า R3 ดูสำหรับ R2 ต่อไว้ป้องกันแรงดันที่สูงเกินแหล่งจ่ายไฟกระแสเข้าอินพุทของ CMOS ปกติมักเลือกค่าประมาณ 10 เท่าของ R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 แสดงลายวงจรขนาดเท่าของจริงของวงจรอะสเตเบิล มัลติไว-เบรเตอร์



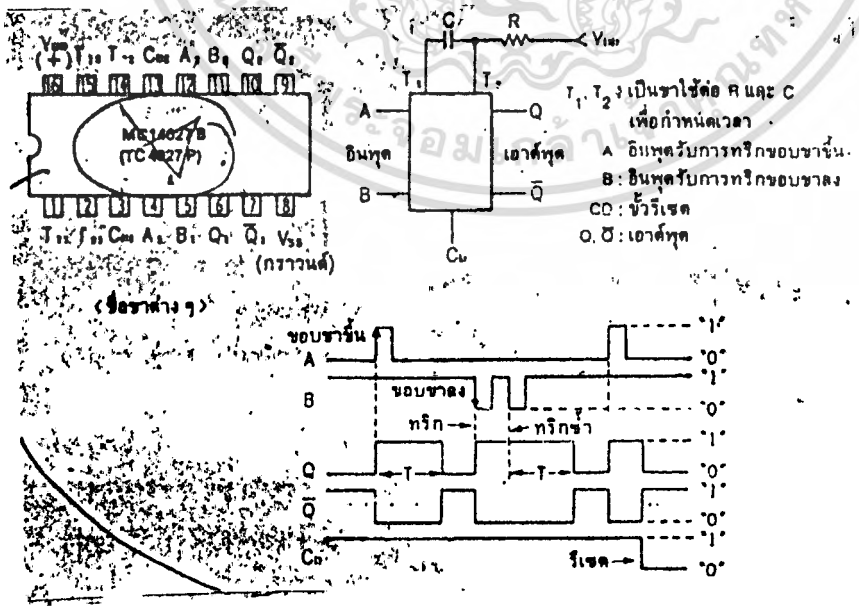
รูปที่ 3.23 แสดงการลงคุปกรณ์ในวงจร

จากรูป 3.23 จะพบว่าเราสามารถที่จะเลือกปรับค่า R2 และ R3 ได้รวมทั้งค่า C1 ภายในวงจรได้ โดยปรับซีเลคเตอร์ภายในวงจร ฉะนั้นเราจะได้รูปคลื่นที่คลุกมาในวงจรในทุก ๆ รูปแบบของการป้อนสัญญาณเพื่อแสดงถึงค่าความถี่ที่ได้ภายในวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

3.6.1 วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า โมโนสเตเบิล เป็นมัลติไวเบรเตอร์อีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แบบนี้จะไม่กำเนิดพัลซ์ต่อเนื่อง แต่จะได้พัลซ์ออกมาลูกเดียว เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้น ข้อสำคัญคือช่วงเวลาของพัลซ์สามารถกำหนดให้สั้น ยาวได้ โดยการเลือกใช้ค่า R และ C วงจรชนิดนี้มีใช้ในวงจรควบคุมดิจิตอลมาก เพราะสามารถใช้เป็นไทม์เมอร์ (timer) หรือตัวตั้งเวลา เมื่อมีคำสั่งให้ทำงานจะส่งเอ้าท์พุทให้ทำงาน จะส่งเอ้าท์พุทออกไปควบคุมให้เครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด และจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ

โมโนสเตเบิลสามารถต่อได้ด้วยวงจรเกทที่เป็นไอซี CMOS เบอร์ MC 14528 B ภายในจะมีโมโนสเตเบิลให้ 2 ตัว การทำงานของไอซี MC 14528 B แสดงในรูปที่ 3.24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 หน้าที่ของขาต่าง ๆ และการทำงานของไอซีโมโนสเตเบิล เบอร์ MC 14528 B

ในสภาพปกติขณะที่ไม่มีอินพุทเลยนั้น เอ้าท์พุท Q = "0" และ Q = "1" อยู่ตลอดเวลา ถ้ามีสัญญาณเข้ามาทางอินพุท A หรือ B จะทำให้ Q เป็น "1" และ (Q="0") ในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นจะตกมาเป็น "0" ตามเดิม ในช่วงเวลานั้นกำหนดโดยค่าของ R และ C ที่ต่อที่ขั้ว T1 และ T2

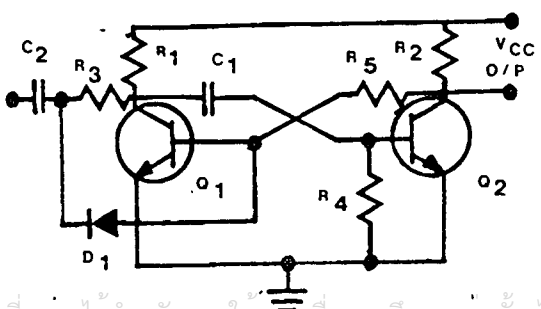
ขั้วอินพุทสำหรับรับสัญญาณกระตุ้นมี 2 ขั้ว คือ A และ B ขั้ว A จะกระตุ้นให้โมโนสเตเบิลเริ่มทำงาน เมื่อสัญญาณเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" หรือขอบขาขึ้นของสัญญาณพัลซ์นั้นเอง ในขณะที่ขั้ว B เป็นขั้วที่ได้รับสัญญาณกระตุ้นขอบของขาลงของพัลซ์

ฟังก์ชั่นของมัลติไวเบรเตอร์ก็มีดังที่ได้อธิบายมา นอกจากนี้ไอซีตัวนี้ยังมีฟังก์ชั่นอื่นเพิ่มให้อีก คือ มีขั้วรีเซต (CD) และมีคุณสมบัติในการให้ทริกซ้ำขั้ว CD เป็นขั้วที่จะใช้รีเซตเอ้าท์พุทของโมโนสเตเบิล ถ้าเอ้าท์พุท Q = "1" อยู่เมื่อป้อน "1" เข้าที่ขั้ว CD นี้จะทำให้ Q เป็น "0" ทันที และจะคงสภาพนี้ตลอดเวลาที่ยังมีสัญญาณรีเซตนี้ ปกติถ้าไม่ใช้งานให้ต่ออยู่ที่ "0"

สำหรับคุณสมบัติในการให้ทริกซ้ำ (Vetriggerable) นั้นเป็นดังนี้คือ เมื่อมีสัญญาณกระตุ้นที่ขา A และ B ทำให้โมโนสเตเบิลเริ่มทำงานและจับเวลา สมมุติว่าช่วงเวลาที่กำหนดโดย R และ C เป็นเวลา T วินาที ก่อนจะกำหนดช่วงเวลานี้ ถ้ามีสัญญาณพัลซ์กระตุ้นเข้ามาอีก การจับเวลา T จะเริ่มต้นใหม่ ดูรายละเอียดการอธิบายด้วยรูปคลื่น ในรูปที่ 3.25 ถ้าสัญญาณพัลซ์ที่ใช้ในการกระตุ้นเข้ามาอย่างต่อเนื่องและมีคาบเวลาต่ำกว่า T จะทำให้เอ้าท์พุทของโมโนสเตเบิลเป็น "1" อยู่ตลอดเวลา โมโนสเตเบิลบางตัวไม่มีคุณสมบัติในการทริกซ้ำ จะไม่สนใจในสัญญาณพัลซ์ที่ตามเข้ามาในขณะที่กำลังจับเวลาอยู่

สัญญาณที่เข้ามากระตุ้นโมโนสเตเบิลให้เริ่มทำงาน บางครั้งก็เรียกกันว่าสัญญาณทริก (Friggering pulse) การกระตุ้นก็เรียกสั้น ๆ ว่า การทริก หรือ ทริกเกอร์ (Triggering)

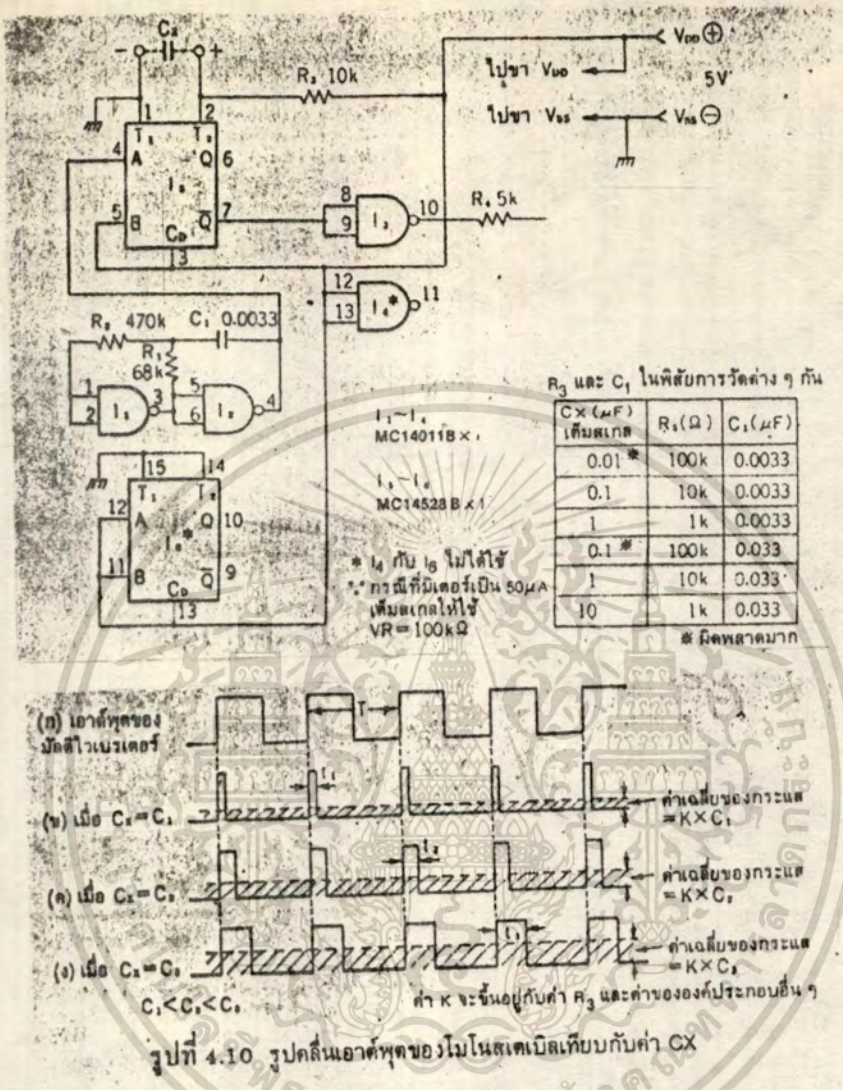
สำหรับโมโนสเตเบิลสามารถประกอบด้วยเกท NAND แบบเดียวกับอะสเตเบิลและให้ IC ได้หลายเบอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 รูปวงจรอย่างง่ายของโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

แต่การใช้งานในวงจรจริงเราจะใช้ IC เบอร์ MC 14011 B และโมโนสเตเบิล MC 14528 B เป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นแทนการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ในวงจรรูปที่ 3.25



รูปที่ 4.10 รูปคลื่นเอาต์พุตของโมโนสเตเบิลเทียบกับค่า CX

รูปที่ 3.26 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลและรูปคลื่นเอ้าท์พุทของโมโนสเตเบิลเทียบกับค่า Cx

ดูในวงจรจะเห็นเกท NAND I1 และ I2 ต่อเป็นมัลติไวเบรเตอร์ผลิตสัญญาณพัลซ์มีรูปร่างเหมือนในรูปที่ 3.26 สมมุติว่าสัญญาณนี้มีคาบเวลาเท่ากับ T วินาที สัญญาณจะถูกต่อเข้าไปทริกโมโนสเตเบิล I5 ที่อินพุท A ดังนั้นโมโนสเตเบิลตัวนี้จะถูกกระตุ้นทุก ๆ ช่วงเวลา T วินาที จะกระตุ้นด้วยขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงของพัลซ์ก็ได้ ในที่นี้เลือกอินพุท A ซึ่งเป็นการกระตุ้นที่ขอบขาขึ้น

ที่ขา T1 และ T2 ของโมโนสเตเบิลจะใช้ในการต่อตัวเก็บประจุ Cx ซึ่งเป็นตัวที่เราต้องการจะวัดโมโนสเตเบิล เมื่อถูกทริกจะให้เอ้าท์พุทเป็นพัลซ์โดยมีความกว้างของพัลซ์ แปรตามผลคูณของ Cx และ R3 เมื่อต่อ Cx ค่าต่าง ๆ จะให้ความกว้างของพัลซ์แตกต่างกัน พัลซ์ก็จะถูกผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

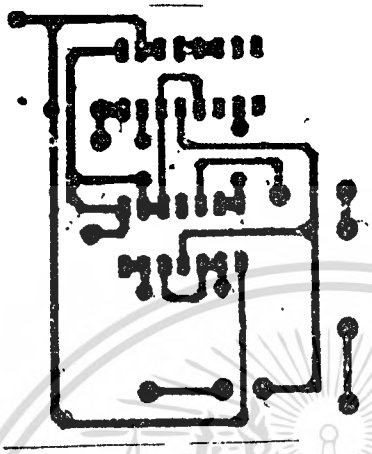
อย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกันและมีคาบเวลาเท่ากับสัญญาณทริกคือ T วินาที ถ้านำสัญญาณนี้ไปวัดด้วย มิเตอร์วัดไฟตรง เข็มของมิเตอร์จะชี้ที่ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นพัลซ์นี้แน่นอน พัลซ์ที่มีความกว้างมากจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพัลซ์ที่แคบ ถ้าปรับเทียบมิเตอร์ให้ถูกต้องก็จะสามารถอ่านค่าของ Cx ได้โดยตรงจากมิเตอร์นั้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

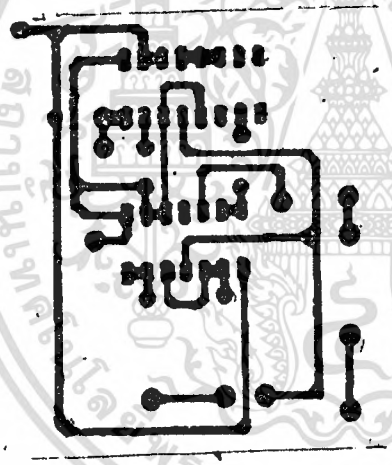
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อสัญญาณพัลซ์ที่ได้จากเอ้าทพุท Q ของโมโนสเตเบิลไปเข้ามิเตอร์โดยตรงคงไม่ดีนัก เพราะอาจจะมีผลต่อโมโนสเตเบิลทำให้ทำงานผิดพลาดได้ เพื่อความปลอดภัยเราจึงต่อเอ้าท์พุทผ่านเกท NAND ไปยังมิเตอร์ เกทที่มีอยู่มีแต่เกท NAND ที่ต่อเป็นอินเวอร์เตอร์ เพื่อกลับสัญญาณให้เหมือน Q อีกทีหนึ่ง

การใช้ CMOS MC 14528 จะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง Cx กับความกว้างของพัลซ์ t เป็นเชิงเส้นตรง



รูปที่ 3.27 แสดงรูปแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง



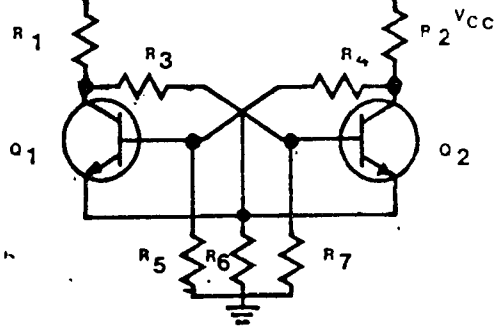
รูปที่ 3.28 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์

จากวงจรที่เห็นในรูปที่ 2.28 จะเห็นว่าเราสามารถที่จะปรับค่า Cx และค่า R3 ภายในวงจรได้เพื่อใช้ในการศึกษารูปพัลซ์ของสัญญาณ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า Cx เพื่อศึกษาขนาดของt

3.7.1 วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Bistable multivibrater)

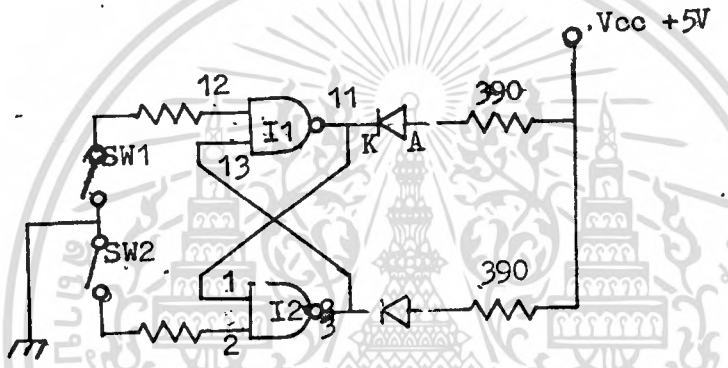
วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ จะถือว่าเป็นวงจรที่มีสภาวะที่มีเสถียรภาพคู่ 2 สภาวะ เมื่อได้รับการกระตุ้น จะมีการเปลี่ยนสภาวะแต่ในปัจจุบันเรามักเรียกวงจรชนิดนี้กันว่าฟลิปฟลอป จะมีสภาวะมั่นคงอยู่ 2 สภาวะ ซึ่งจะให้เอ้าท์พุทเป็น "1" และ "0" ตามลำดับ เมื่อได้รับสัญญาณกระตุ้นจากภายนอกจะทำให้มีการเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

จากวงจรในรูปที่ 2.29 เป็นวงจรพื้นฐานซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำหน้าที่เป็นเหมือนสวิทช์ 2 ตัว ทำหน้าที่ ON และ OFF สลับกันไป ถ้าเราต้องการให้วงจรเปลี่ยนสภาวะคือให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 เปลี่ยนสถานะจะต้องใช้แรงไฟจากภายนอกมากระตุ้นวงจร แต่ในการทำงานจริง ๆ นั้น เราใช้ไอซี CMOS มาเป็นตัวเปลี่ยนสถานะของวงจรแทนการใช้ทรานซิสเตอร์จริง โดยเราให้ไอซีเบอร์ MC 14011 B มาเป็นตัวช่วยในการทำงานแทนดังในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 เป็นวงจรจริงของไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

ในวงจรรูปที่ 2.30 ใช้ไอซี CMOS เบอร์ MC 14011 B เพียงตัวเดียว พร้อมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบการทำงานของวงจร เมื่อเปิดสวิทช์แหล่งจ่ายไฟจะเห็น LED ดวงใดดวงหนึ่งติดสว่างแล้วแต่ความรวดเร็วของเกทแต่ละครั้ง สมมุติว่า LED ของเกท I1 ติดสว่าง ลองกดสวิทช์SW1 ดูจะเห็น LED ของ I1 ดับ และ LED ของ I2 ติดแทน ต่อมาถ้ากด SW2 LED ของ I1 ก็จะติดสว่างแทนอีก ถ้าไม่กดสวิทช์ LED จะสว่างค้างไว้แสดงว่าฟลิปฟลอปคู่ในสภาวะที่มีเสถียรภาพ ในสภาพแรกเริ่มนี้ LED ของ I1 ติดสว่างแสดงว่าเอ้าท์พุทขา 3 ของ I1 เป็น "0" และ LED ของ I2 ดับ แสดงว่าเอ้าท์พุทขา 4 ของ I2 เป็น "1" เอ้าท์พุทของเกทแต่ละตัวจะป้อนกลับเป็นอินพุทของเกทอีกตัวหนึ่ง ทำให้ฟลิปฟลอปคงสภาพเอ้าท์พุทไว้ได้ ในขณะที่ขา 1 และ 2 ของเกท I1 เป็น "1" ทั้งคู่ ทำให้เอ้าท์พุทเป็น "0" LED จึงติดสว่างเมื่อเรากดสวิทช์ SW1 เป็นการดึงขาอินพุทเบอร์ลงกราวด์ ซึ่งเท่ากับเป็นการป้อนสัญญาณ "0" อินพุทที่จะทำให้เกท I1 เปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" ตามคุณสมบัติการทำงานของเกท NAND เป็นผลทำให้ LED ดับไป ในขณะเดียวกัน เอ้าท์พุทนี้จะป้อนสัญญาณ "1" ไปเป็นอินพุทให้ขา 5 ของเกท I2 และ ขา 6 ของเกท ซึ่งเป็นอินพุทอีกขาหนึ่งลอยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าอินพุทเป็น "1" จึงทำให้เกท I2 ให้เอ้าท์พุทเป็น "0" เป็นผลให้ LED ที่อยู่ที่ขาเอ้าท์พุท 4 ติดสว่างขึ้นมาแทน

สัญญาณ "0" ที่ขา 4 นี้ ยังป้อนกลับไปเป็นอินพุทขา2 ของ I1 อีกทำให้เมื่อเราปล่อยมือจากสวิทช์ซึ่งขา 1 จะลอย เอ้าท์พุทของ I 1 ก็ไม่เปลี่ยนแปลงไป ยังคงเป็น "1" เหมือนเดิม ฟลิปฟลอปจะอยู่ในภาวะสมดุลเช่นนี้ตลอดไปจนกว่าจะกดสวิทช์อีกจึงมีการเปลี่ยนแปลง

ต่อมาเมื่อกด SW2 ต่อ เหตุการณ์ที่อธิบายไปแล้วว่าจะเกิดขึ้นอีก เพราะวงจรสมมาตรกันทั้งบนและล่าง คราวนี้เอ้าท์พุทของ I2 จะเป็น "1" และเอ้าท์พุทของ I1 จะเป็น "0" แทนทำให้ LED ติดสลับดวงกันอีก

จุดอ่อนของวงจรนี้คือไม่สามารถใช้งานได้เมื่ออินพุทที่ 3, 1 และ 6 เป็น "1" ทั้งคู่ ซึ่งเปรียบเหมือนการกด SW1 และ SW2 พร้อม ๆ กันนั่นเอง

รูปที่ 3.31 (a) แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง

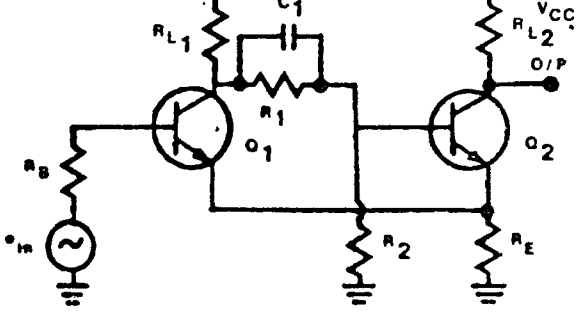
(b) แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 3.31 เราต่อสวิทช์กดไว้ 2 ตัวเพื่อทำการทดลอง ข้อควรระวังเมื่อใส่อุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรที่จะตรวจสอบภาคแหล่งจ่ายให้แน่ใจเสียก่อนว่าไม่มีไฟเกิด เพราะวงจรนี้สามารถนำเอา TTL มาต่อเป็นวงจรอย่างง่ายก็ได้โดยใช้เบอร์ 4700 N ฉะนั้นถ้าเราใช้ CMOS มาทำก็ต้องระวังเพราะ TTL นั้นสามารถทนแรงไฟได้ดีกว่า CMOS

3.8.1 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ (Schmitt trigger)

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ เป็นวงจรที่จะรับสัญญาณกะนาลอกทางอินพุทและจะให้สัญญาณดิจิตอลทางด้านเอ้าท์พุท เมื่อแรงดันของสัญญาณค่อย ๆ เพิ่มจาก "0" โวลท์ถึงระดับแรงดันหนึ่งที่กำหนดไว้ชมิตต์ทริกเกอร์จะให้เอ้าท์พุทเป็น "1" ทันทีต่อมาเมื่อแรงดันค่อย ๆ ลดลงจนต่ำถึงแรงดันอีกระดับหนึ่ง ชมิตต์ทเกอร์ก็จะให้เอ้าท์พุทเป็น "0" ระดับแรงดันสูงกับต่ำที่ใช้เปรียบเทียบนี้จะมีค่าไม่เท่ากัน ช่วงค่าระหว่างระดับแรงดันทั้งสองนี้เรียกว่า อีสเตอร์ซิส (hysterisis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 แสดงวงจรชมิตต์ทริกเกอร์อย่างง่าย

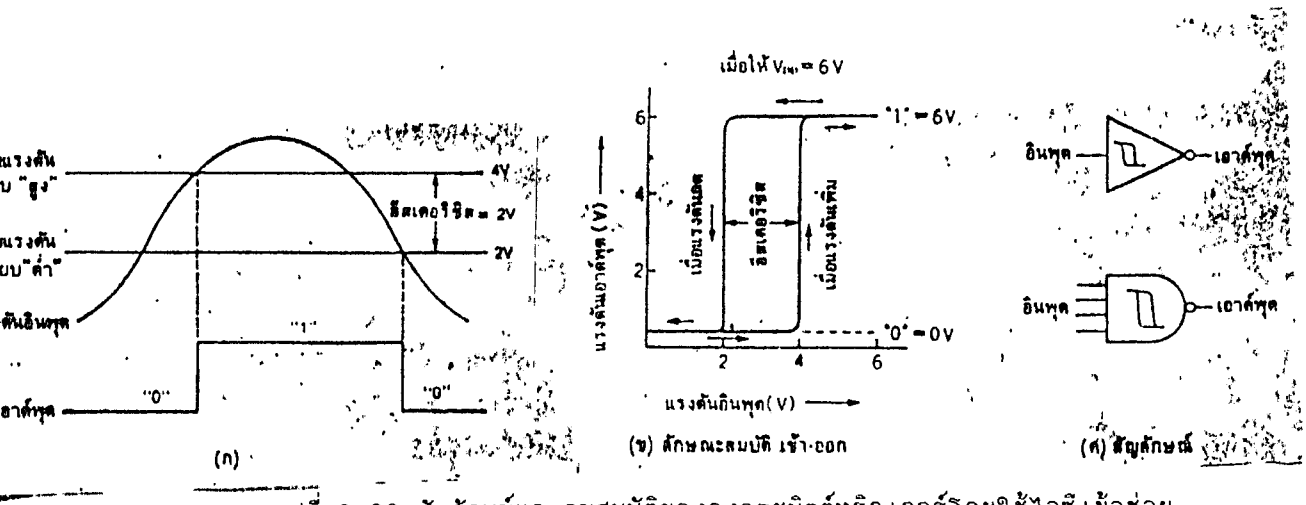
จากวงจรรูปที่ 3.32 เมื่อยังไม่ป้อนสัญญาณอินพุทที่เบสของ Q1 (Vin=0) R1และR2 จะเป็นตัว แรงไฟร่วมกับ RL1 ทำให้แรงไฟที่เบสของ Q2 เป็นบวกเล็กน้อย เมื่อเทียบกับอีมิตเตอร์ Q2 จึงนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว (ON) และเกิดแรงไฟตกคร่อม RE ซึ่งเป็นความต้านทานที่อีมิตเตอร์ของ Q1และQ2 แรงไฟนี้จะเป็นรีเวอร์สไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 อยู่ในสภาพคัทออฟ (OFF) นั่นคือสมมติสภาวะปกติ Q1 จะ "OFF" และ Q2 จะ "ON"

ถ้าป้อนสัญญาณอินพุทเป็นไซน์เวฟ (ผ่าน RB) ในขณะที่สัญญาณเพิ่มขึ้นในทางบวกจนถึงระดับแรงไฟค่าหนึ่งเรียกว่า Vp1 จะทำให้แรงไฟที่เบสของ Q1 เป็นบวกสูงกว่าแรงไฟที่ตกคร่อม RE ในสภาวะปกติก็จะมีผลทำให้ Q1 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว (ON) แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 จะลดลงทำให้แรงไฟที่เบสของ Q2 ซึ่งวัดโดยค่า R1และR2 เป็นรีเวอร์สไบอัส เมื่อวัดเทียบกับอีมิตเตอร์ Q2 จะคัทออฟ (OFF) วงจรจะคงสภาวะเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ตราบเท่าที่ยังมีสัญญาณอินพุทที่มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า Vp1 ป้อนให้กับวงจร

เมื่อขนาดของแรงไฟที่สัญญาณอินพุทลดต่ำลงจนถึงค่าแรงไฟ Vp2 แรงไฟที่เบสของ Q1 จะมีค่าเป็นบวกต่ำกว่าแรงไฟที่อีมิตเตอร์ เบสของ Q1 จึงได้รับรีเวอร์สไบอัส Q1 จึงหยุดนำกระแสหรือคัทออฟ แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในลักษณะของวงจรสวิทช์ที่เบสของ Q2 ก็จะได้รับฟอร์เวอร์สไบอัสใหม่อีก Q2 จึงนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัวเป็นสภาวะเดิม เมื่อตกมาเริ่มต้นใหม่รูปร่างของสัญญาณที่เก้าท์พุท จึงมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์แทนเสควเวฟตามต้องการ

แต่ในลักษณะการทำงานจริงเราใช้ CMOS เข้ามาช่วยในการทำงานแทนทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

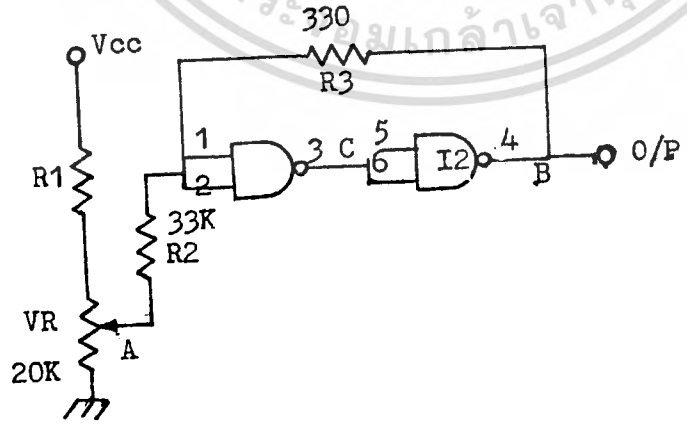
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 สัญลักษณ์และคุณสมบัติของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์โดยใช้ไกซี เข้าช่วย

ความสัมพันธ์ของรูปคลื่นด้านอินพุทและเอ้าท์พุทของชมิตต์ทริกเกอร์แสดงอยู่ในรูปที่ 3.33 ถ้าให้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ให้แก้ไกซี CMOS นี้เป็นชมิตต์ทริกเกอร์แล้วระดับแรงดันเปรียบเทียบสมมุติให้เป็น 4 โวลท์จะทำให้เอ้าท์พุทเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" ในขณะที่แรงดันลดลงถึงจุด 2 โวลท์จะทำให้เอ้าท์พุทเปลี่ยนกลับเป็น "0" อีกครั้ง รูปที่ 3.33 เป็นกราฟลักษณะสมบัติแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุทกับเอ้าท์พุท จากกราฟนี้จะเห็นช่วงกว้างของแรงดันฮิสเตอร์ซิสอย่างชัดเจนในกรณีที่เป็น 2 โวลท์

การที่ชมิตต์ทริกเกอร์มีฮิสเตอร์ซิสนี้นับเป็นข้อดีมากในการรับสัญญาณคะนาลอกซึ่งเปลี่ยนค่อนข้างช้ามาเป็นอินพุท ลองคิดดูว่าถ้าใช้เกทธรรมดาหรือวงจรเปรียบเทียบ (comparator) มารับสัญญาณเหล่านี้จะมีปัญหาอะไรขึ้นบ้าง ปัญหาที่จะเกิดขึ้นก็ตรงบริเวณที่แรงดันอินพุทมีค่าเข้าใกล้แรงดันเปรียบเทียบ ถ้าแรงดันเปลี่ยนแปลงช้าหรือขึ้น ๆ ลง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นผลของสัญญาณรบกวน จะทำให้เอ้าท์พุทเปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" กลับไปกลับมามีลักษณะเป็นพัลซ์เล็ก ๆ หลาย ๆ ลูก พัลซ์เหล่านี้เป็นสาเหตุให้วงจรทำงานผิดพลาดโดยเฉพาะวงจรที่มีฟลิปฟลอปหรือวงจร



รูปที่ 3.34 รูปวงจรชมิตต์ทริกเกอร์โดยใช้ไกซี MC 14011 B

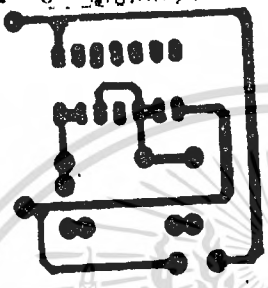
จากรูปที่ 3.34 ในวงจร I1, I2 ถูกต่อเป็นวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ที่ขา 1 และ 2 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

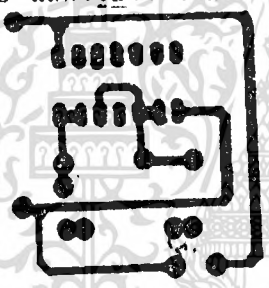
ถูกต่อไว้กับแรงดัน เป็นแรงดันอินพุท ถ้าแรงดันที่อินพุทนี้ตกต่ำเกินไปในอัตราส่วนคือ เกินกว่าระดับแรงดันที่กำหนดไว้ ชมิตต์ทริกเกอร์จะทำงานทันทีโดยให้เอ้าท์พุทเป็น "0" VR 20K จะมีไว้สำหรับปรับระดับแรงดันตกต่ำ

อิสเตอร์ซิสของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์กำหนดได้โดยอัตราส่วนของ R2 กับ R3 ในวงจรกำหนดค่า R ได้มีอัตราส่วน 10 เท่า ดังนี้ อิสเตอร์ซิสจะมีค่าประมาณ 0.3 - 0.5 โวลท์ ถ้าต้องการอิสเตอร์ซิสที่กว้างกว่านี้ก็ให้เปลี่ยน R2 ให้น้อยลงหรือเปลี่ยน R3 ให้มากขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วน R3/R2 เล็กลง

เมื่อแรงดันอินพุทของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์หรือที่จุด A มีค่าต่ำลงกว่าแรงดันระดับต่ำที่กำหนดไว้ เอ้าท์พุทที่จุด B จะเป็น "0" นี่ก็คือการทำงานของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์



รูปที่ 3.35 แสดงรูปวงจรพิมพ์ของชมิตต์ทริกเกอร์ขนาดเท่าของจริง



รูปที่ 3.36 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์

จะเห็นว่าในรูปที่ 3.36 นั้น เราสามารถที่จะปรับค่าระดับแรงดันภายในวงจรให้มีระดับสูงต่ำได้ เพื่อที่จะกำหนดค่าอิสเตอร์ซิสได้อย่างถูกต้อง ถ้าระดับแรงดันสูงขึ้นเมื่อเกินระดับแรงดันที่ตั้งไว้ สัญญาณที่จุด C จะเป็น "0" ทันที

3.9.1 วงจรภาคจ่ายแรงดันต่างระดับ

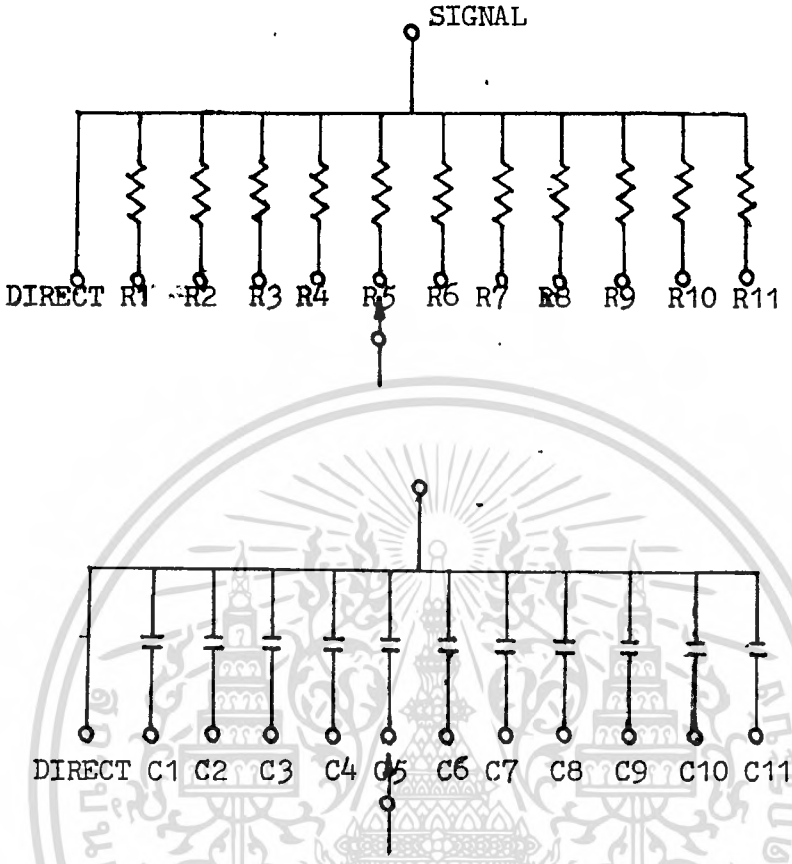
จากรูปเป็นวงจรซึ่งใช้สำหรับทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับ CMOS ภายในวงจรต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งบางครั้งแต่ละวงจรต้องการเปลี่ยนระดับแรงไฟ เช่น 3V, 5V และ 9V เป็นต้น ฉะนั้นในการออกแบบวงจรจึงคงต้องรักษาระดับแรงดันของภาคแหล่งจ่ายไฟนี้ให้คงที่เสมอ อาจจะ + 0.2 โวลท์ เพื่อที่จะได้ไม่ทำให้เกิดการเสียหายแก่วงจรและผลการทดลองที่คงตัว

3.10.1 ชุดวงจรรวมค่าความต้านทานและคอนเดนเซอร์

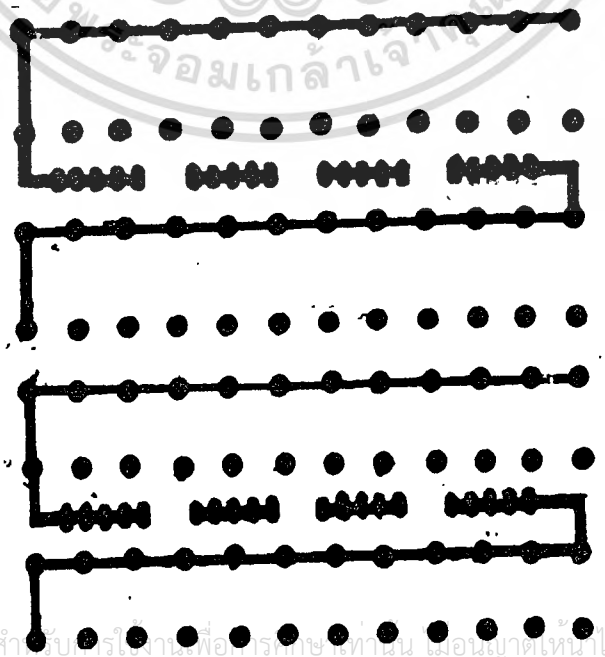
จากในหัวข้อทั้งหลายในบทที่ 3 ที่กล่าวมานั้นจะเห็นว่าเราสามารถที่จะเปลี่ยนค่าความต้านทานและค่าคอนเดนเซอร์ เพื่อความเหมาะสมของวงจร ฉะนั้นจำเป็นที่สุดที่จะต้องมีค่า R และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

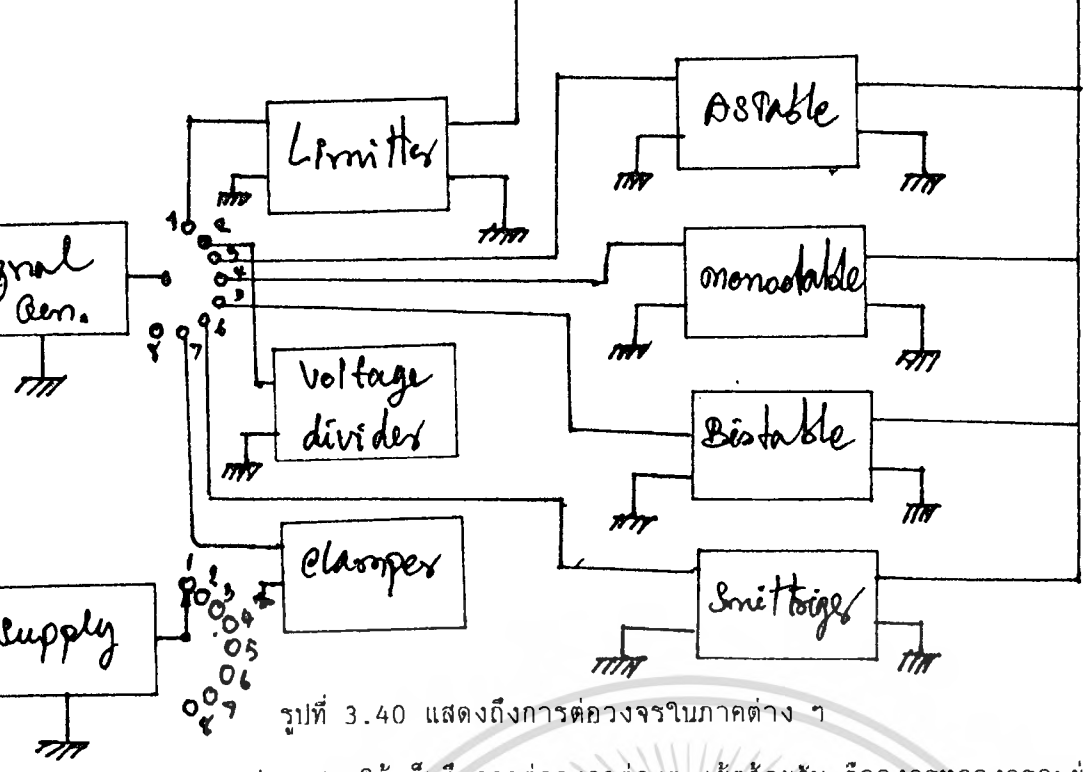
สารองเก็บไว้ภายในเครื่องและเพื่อสะดวกในการเปลี่ยน จึงต้องต่อสายพ่วงเข้ากับจุด R และ C และผ่านสวิทช์เลือกชิ่งค่า R ภายในวงจรมีอยู่ด้วยกันหลายค่ารวมถึง 11 ค่าด้วยกันและC ถึก 11 ค่า เพื่อที่จะให้ได้ผลการทดลองออกมาหลาย ๆ รูปแบบ เป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ดีที่สุด จากรูป 3.38 แสดงให้เห็นถึงวงจรในการต่อค่า R และ C



รูปที่ 3.38 แสดงให้เห็นถึงวงจรรวมค่า C และ R ที่ใช้ในการเปลี่ยน

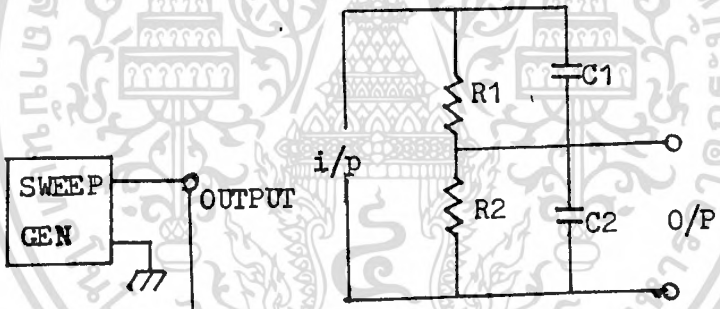


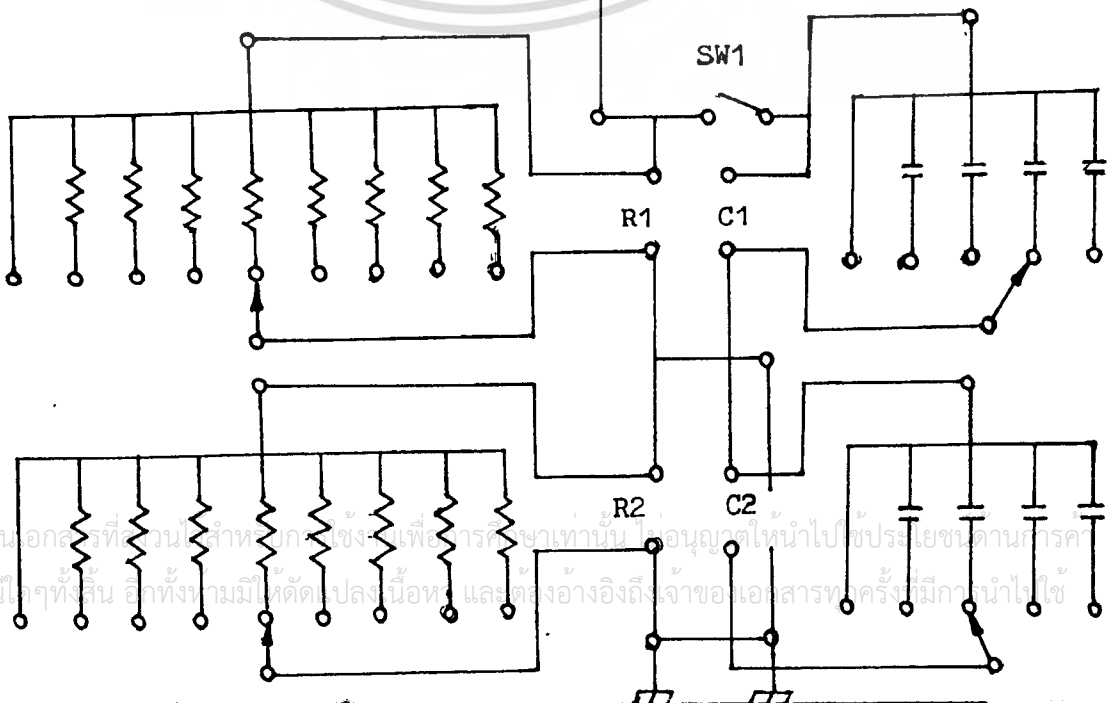
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 แสดงถึงการต่อวงจรในภาคต่าง ๆ

จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงการต่อวงจรต่างๆ เข้าด้วยกัน คือวงจรทุกวงจรจะผ่านสวิทช์เลือกดูว่าจะให้วงจรใดทำงาน และถ้าวงจรใดต้องการที่จะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันก็จะมีการต่อแรงดันไว้ให้กับวงจรนั้น ในขณะเดียวกันถ้าวงจรใดต้องการเปลี่ยนแปลงค่า R,C เราก็จะต่อค่า Rและc ผ่านสวิทช์เลือกไว้ให้เช่นเดียวกัน ใคร่ที่จะขอยกตัวอย่างการต่อเครื่องไว้สัก 1 วงจร คือวงจรไวล์ท เต็จ ดิไวเดอร์





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.39 แสดงวงจรแผ่นพิมพ์ขนาดเท่าของจริงของ R,C รวม

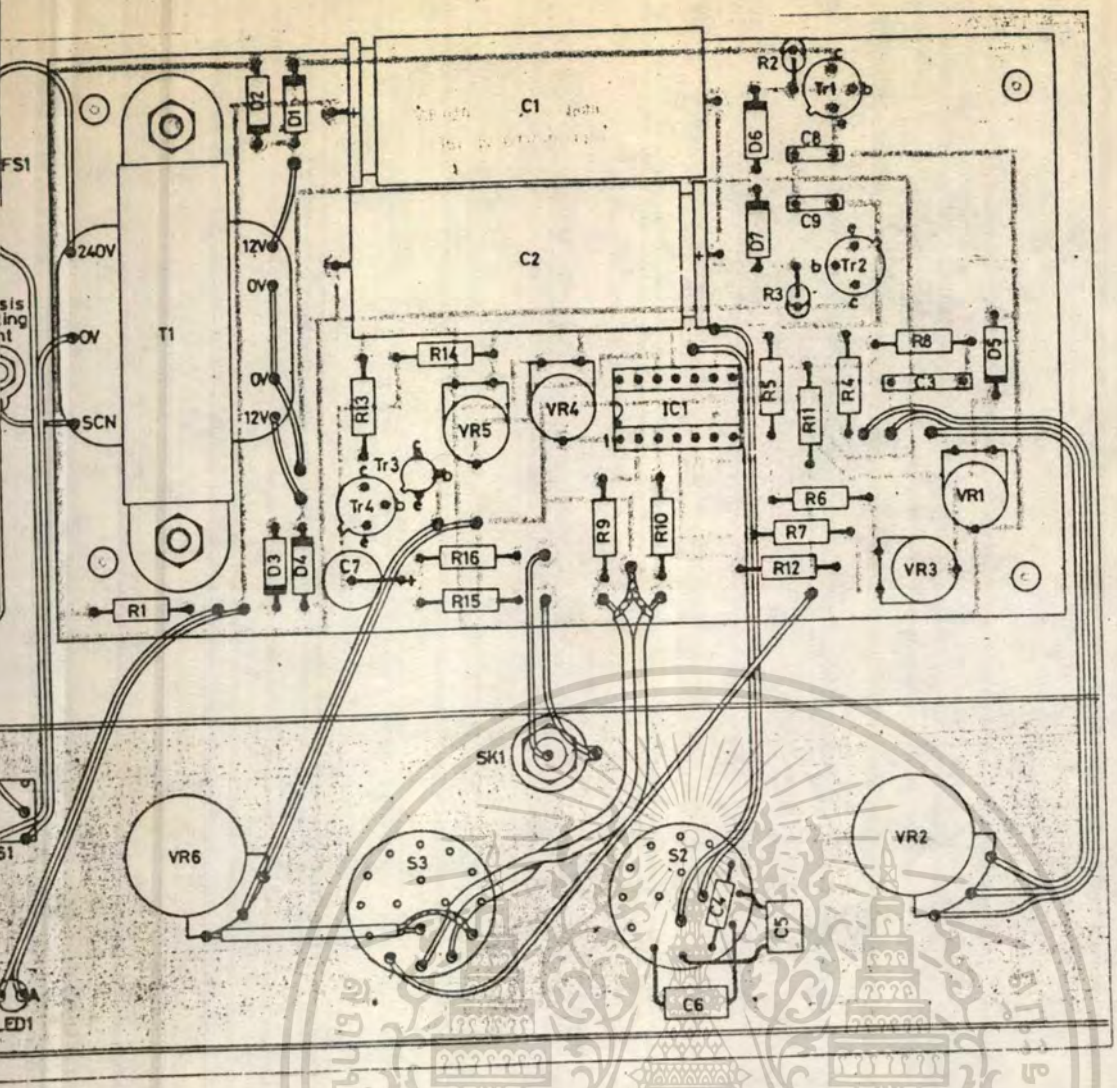
จากรูปที่ 3.38 จะเห็นว่านอกจากมีการเปลี่ยนค่า BC แล้ว เรายังมีจุดต่อตรง (Direct) ไว้ให้อีกเพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบผลในกรณีนี้ ถ้าเราไม่ใส่ค่า R และ C ภายในวงจร สำหรับการวางอุปกรณ์ เราได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.40 ข้างล่างนี้

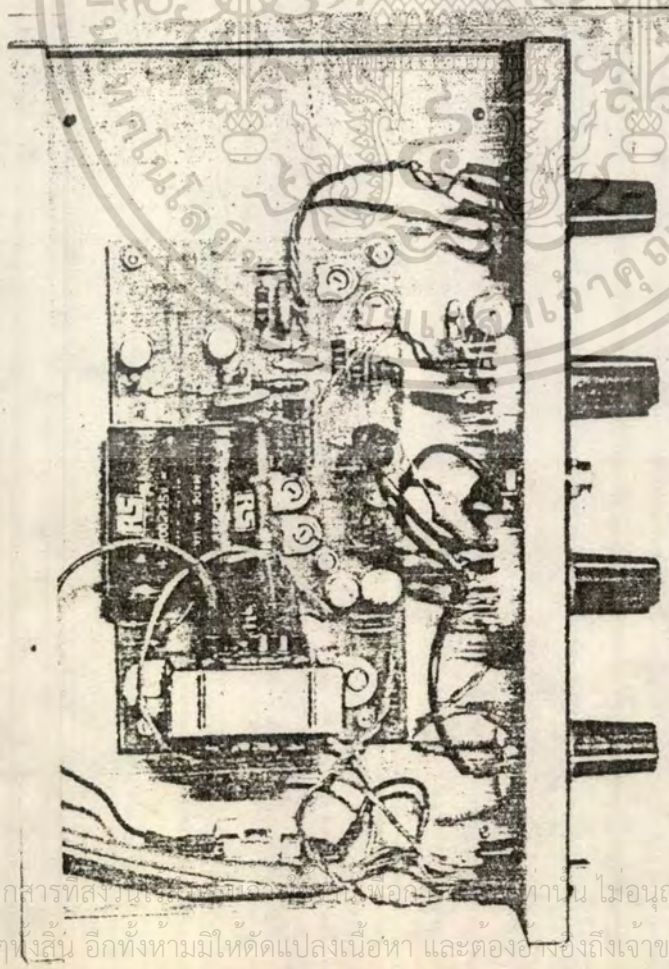
รูปที่ 3.40 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในวงจรพิมพ์

3.11.1 การประกอบเครื่อง

ภายหลังที่เราได้จัดเตรียมอุปกรณ์ภายในภาคต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้วก็มาถึงขั้นประกอบเครื่องจริง ๆ ก่อนขั้นเราต้องเช็ควงจรทุก ๆ อันเสียก่อนว่าอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้จริงเสียก่อน เราก็จะนำเอาวงจรทุก ๆ ชิ้นมาวางเลียงกันไว้ตามตำแหน่งของมันเพื่อความเหมาะสมในการประกอบลงภายในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 : ภายในกล่องเครื่องหลังประกอบเสร็จ

ใบงานที่

วิชา วงจรพัลซ์เบื้องต้น

อง วงจรไดโอดแคล้มเปอร์ชนิดมีไบอัส Biased Diode Clamper

ฤประสงค์ เพื่อวัดและศึกษาผลการทำงานของวงจรไดโอดแคล้มเปอร์ ชนิดมีไบอัส เมื่อส่วนประกอบของวงจรและไบอัสโวลท์เต็จเปลี่ยนค่าไปต่าง ๆ กัน

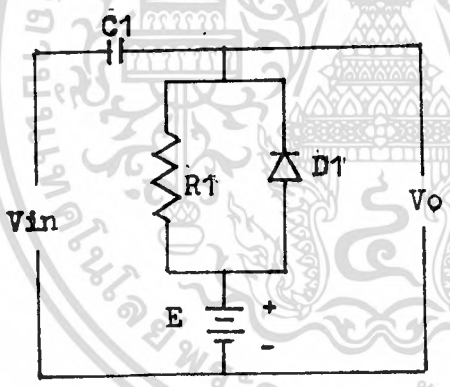
รื่องมืออุปกรณ์ 1. ออสซิโลสโคป

2. ชุดฝึกวงจรพัลซ์

อเรื่อง บางครั้งเราจำเป็นที่จะต้องแคล้มสัญญาณที่ระดับหนึ่งระดับใดของค่า ดี.ซี โวลท์เต็จ ซึ่งนอกเหนือจากที่ค่าศูนย์ หรือค่ากราวด์ไปเห็นเชียลของเน็ทเวิค ดังนั้นวงจรไดโอดแคลมเปอร์จึงต้องใส่ไบอัสซึ่งเป็น ดี.ซี โวลท์เต็จที่มีค่าคงที่ โดยที่ให้ค่าของมันเท่ากับค่าโวลท์เต็จที่ต้องการแคล้มขั้วของไบแอสโวลท์เต็จ และขั้วของไดโอดเป็นสิ่งกำหนดที่จะให้ค่าพีคบวกหรือพีคลบสูงสุดของสัญญาณแคล้มอยู่บนค่าของ ดี.ซี โวลท์เต็จ

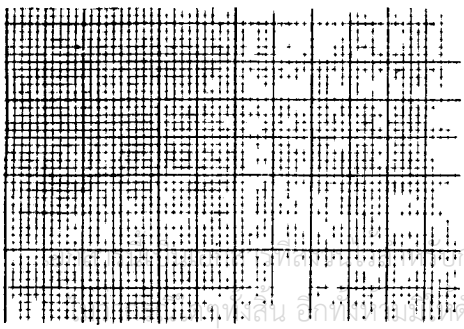
ดับขั้นการทดลอง

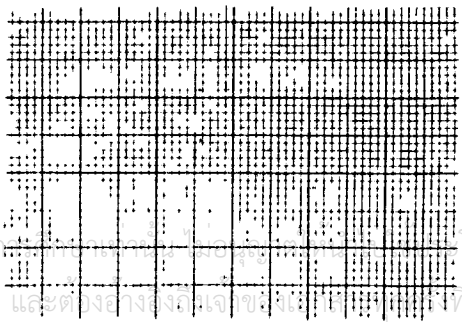
1. เลือกวงจรแคล้มเบอร์เข้าสู่สภาวะ ON โดยให้ LED ติด



2. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณไซน์-สแควเวฟที่รีเพ็นท์ชั่นเรท 1 KHz แอมปลิจูด 4 Volte

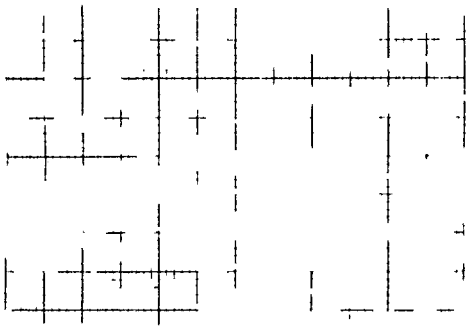
3. จ่ายสัญญาณจากเครื่องกำเนิดข้อ 2 เข้าที่อินพุทของวงจรแล้ววัดและเขียนอินพุทและเอ้าท์พุท เวฟฟอร์มลงในตารางพร้อมขนาดและระดับ ดี.ซี

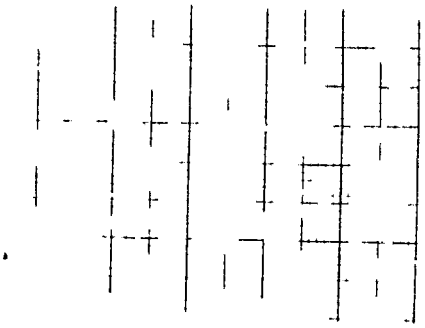




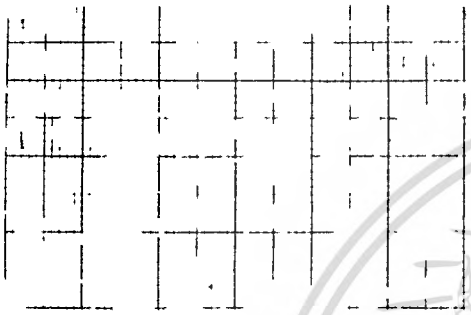
สำหรับการนำไปใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

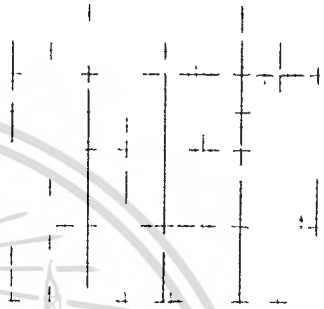
4. เปลี่ยนค่า R1 เป็น 10K และ 1K ตามลำดับ ทดลองซ้ำข้อ 3 วัดและเขียน out put wave form ลงในตารางทุกครั้ง



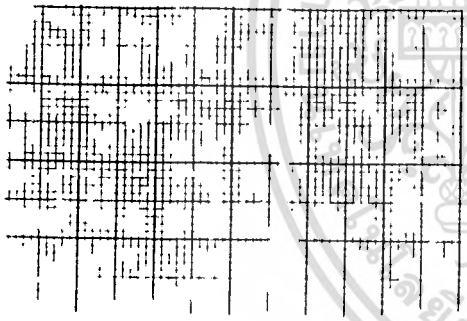


5. ให้ค่า R1 100K คงเดิม เปลี่ยนค่า C1 เป็น 0.1 uF และ 0.4 uF ตามลำดับ ทดลองทำซ้ำตามข้อ 3 วัดและเขียนเค้าท์พุท เวฟฟอร์มลงในตารางทุกครั้ง

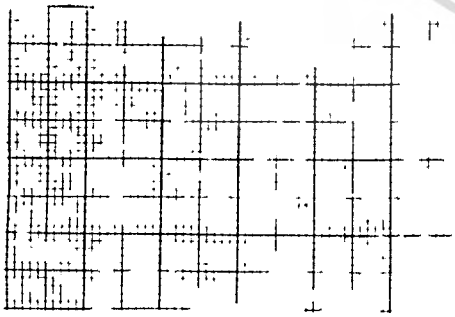




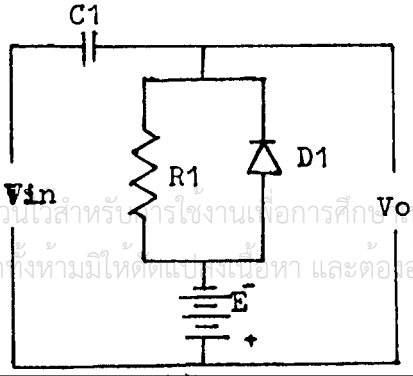
6. เปลี่ยนค่า C1 เป็น 1 uF ตามค่าเดิม เพิ่มโวลท์เต็จจากเร็กกูเลเตคร์ power supply เป็น 9 Volt วัดและเขียน out put wave form ลงในตาราง



7. ลดค่าโวลท์เต็จเป็น 3 Volt วัดและเขียน out put wave form ลงในตาราง



8. ลงปรับแว้วไดโอดไปอีกด้านหนึ่งแล้วทำซ้ำตามข้อ 3 ถึงข้อ 4 พันทึกผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถาม

1. จงอธิบายการทำงานของวงจรไดโอดแคล้ม เปอร์ชนิดมีไบแอสที่ทดลองนี้
2. จงบอกให้ทราบถึงความแตกต่างในการทำงานของวงจร เมื่อ เพิ่มไบแอสให้สูงขึ้น จาก เดิมและ เมื่อไม่มีไบแอส
3. จงอธิบายการทำงานของวงจรที่ทดลองนี้ เมื่อกลับหัวของดี-ซี ไบแอสโวลท์ เต็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.41 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรโวลท์เต็จ ดิไวเดอร์ภายในเครื่อง

จากรูปที่ 3.41 จะเห็นว่าวงจรโวลท์เต็จ ดิไวเดอร์นี้เราสามารถที่จะเปลี่ยนค่าความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณได้ ยังสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทาน R1 ได้ถึง 11 ค่าด้วยกัน เช่นเดียวกันเราก็สามารถเปลี่ยนค่า R2, C1, C2 ได้ และยังสามารถที่จะตัด C1 ออกจากวงจรได้ เพื่อที่จะได้แสดงถึงการทำงานของเครื่องในแบบต่าง ๆ จะเห็นว่าเครื่องนี้เป็นเครื่องที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพอย่างครบครัน ถึงกระนั้นภายในก็ออกแบบไว้โดยง่าย ๆ ไม่ยากต่อผู้ที่สนใจจะนำเอาไปทำเพื่อค้นคว้าหรือศึกษา อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะเริ่มต้นศึกษาได้เป็นอย่างดี สำหรับการต่อในวงจรต่างๆ นั้น เราก็จะต้องศึกษาในบทที่ 2 และที่ 3 นี้ให้เข้าใจถึงการทำงานของวงจรต่าง ๆ เสียก่อน ก่อนที่จะนำไปทดลอง เพราะว่าบางวงจร เช่น วงจรโวลท์เต็จ ดิไวเดอร์นี้จะมีเฉพาะการปรับค่า R และ C เท่านั้น ฉะนั้นจึงไม่มีการปรับแรงดันของแหล่งจ่ายเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และจึงไม่มีการต่อพวงเข้าไป ฉะนั้นเมื่อเราหมุนสวิทช์เลือกแหล่งจ่ายจึงไม่มีผลต่อเอ้าท์พุทเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ื่อง วงจรไดโอดแคล้มเปอร์ชนิดไม่มีไบอัส

ตถุประสงค์ เพื่อวัดและศึกษาผลการทำงานของวงจรไดโอดแคล้มเปอร์ชนิดไม่มีไบอัส เมื่อประกอบของวงจรเปลี่ยนค่าไปต่าง ๆ กัน.

ครื่องมือและอุปกรณ์ 1. ออสซิโลสโคป

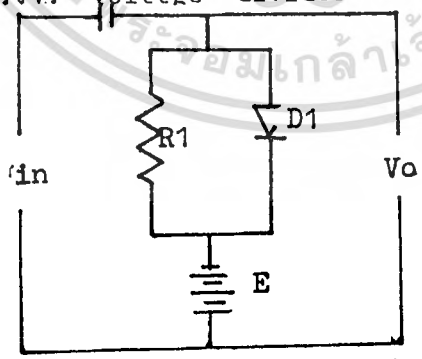
2. ชุดฝึกวงจรพัลซ์

ื้อเรื่อง เมื่อซิกแนลเวฟฟอร์มไหลผ่านทรานส์ฟอร์มเมอร์หรือวงจรซีรีส์แคแพซิเตอร์ (Series capacitor) ซิกแนลเวฟฟอร์มส่วนที่เป็นเอ-ซี จะถูกส่งผ่านออกไปได้แต่ส่วนที่เป็น ดี-ซี (d - c level) จะถูกกั้นหรือตัดออกไป วงจรแคล้มปิ้งโดยทั่วไปแล้วใช้สำหรับทำให้เกิดดี-ซีคอมโปเน้นท์ (d - c Component) กับสัญญาณทางเอ้าท์พุทโดยการคัพปลิ้งสัญญาณแบบรีแอ็คทีฟคัพเปิ้ล (reactive coupled) ในวงจรคอมพิวเตอร์วงจรแคล้มเป้อร์ยังใช้ทำหน้าที่รักษาระดับค่าโวลท์เต็จสูงสุดหรือต่ำสุดของวงจรซิกแนลเน็ทเวิค (Signal network)

วงจรแคล้มเป้อร์แบบธรรมดา เช่น ไดโอดแคล้มเป้อร์ชนิดไม่มีไบแอสอาจจะใช้ทำหน้าที่เพื่อเปลี่ยนค่าพีคของสัญญาณกับกราวด์โปเท็นเชียล (ground potential) ได้โดยปราศจากการเพี้ยน(distortion) ของเอ้าท์พุทเวฟฟอร์ม ขั้วของไดโอดเป็นสิ่งกำหนดการแคล้มพีคบวกหรือพีคลบของสัญญาณต่อกราวด์ลีเวล (ground level)

ลำดับขั้นการทดลอง

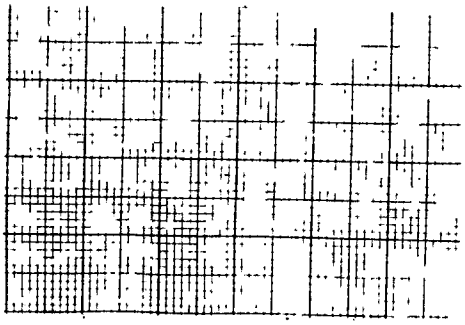
1. เลือกสวิทช์ให้วงจร Voltage divider ทำงานโดยให้ LED สว่าง

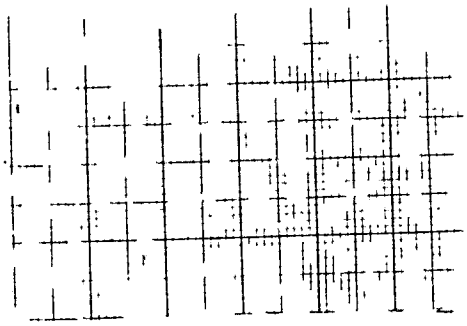


2. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณไอซี-สแควเวฟที่รีเพ้นท์ชั่นเรท 1 KHz output

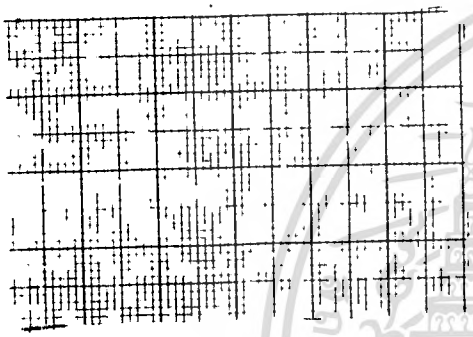
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จ่ายสัญญาณเข้าที่อินพุทของวงจรแล้ววัดและป้อนอินพุทและเอ้าท์พุทเวฟฟอร์มลงใน ตาราง พร้อมทั้งค่าขนาดของสัญญาณและระดับ ดี.ซี กำกับในเวฟฟอร์มด้วย

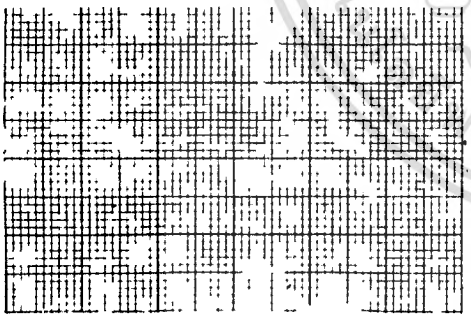


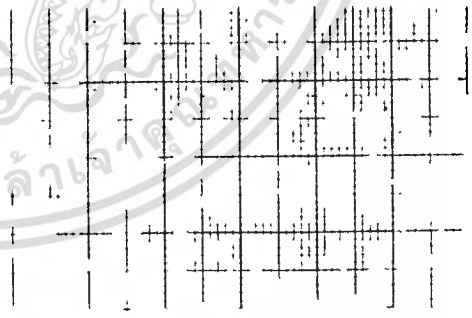


4. เปลี่ยนค่าความต้านทาน R1 เป็น 10K และ 1K และ 120K ตามลำดับ ทดลองซ้ำตามข้อ 2 และ 3 วัดและเขียน out put wave form ลงในตารางทุกครั้ง

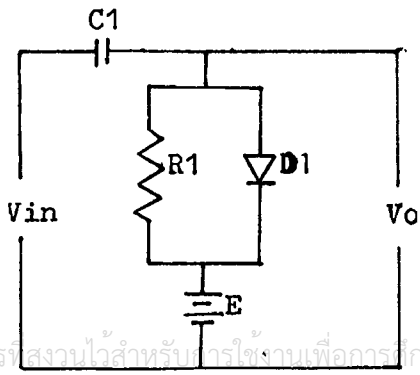


5. ใช้ค่าความต้านทาน R1 = 100K คงเดิมแล้วเปลี่ยนค่า C ในวงจรเป็น 0.01 0.04 , 0.1 และ 10 ตามลำดับแล้วทดลองซ้ำตามข้อ 4 วัดและเขียน out put wave form ลงในตารางทุกครั้ง





6. ใช้ค่า C1 = 0.4 แล้วกลับขั้วไดโอด D1 แล้วทดลองซ้ำตามข้อ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

าถาม

1. จงเปรียบเทียบเอ้าท์พุทโวลท์เต็จจากผลของการเปลี่ยนค่า C1 และ R1
2. จงอธิบายความแตกต่างของอินพุทเวฟฟอร์มและเอ้าท์พุทเวฟฟอร์มจากการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง โวลท์เต็จดิไวเดอร์ คอมเพ็นเซชั่น

วัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเอ้าท์พุท wave form เนื่องจากผลของ out put shunt capoitana

2. เพื่อศึกษาและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ out put เมื่อได้ชดเชยด้วยการต่อ capaciter เข้าไปในวงจร

เครื่องมือและอุปกรณ์ 1. oseilbseopo

2. ชุดฝึกวงจรฟิลช์

เนื้อเรื่อง วงจร Voltage divider ที่เป็น resistive network อัตราส่วนระหว่าง output voltage และ input voltage จะเท่ากับอัตราส่วนของคตท. output และ คตท. รวมตลอดวงจร

ถ้าให้ Vo = output voltage

Vin = input voltage

R1 + R2 = คตท.รวมตลอดวงจร

R2 = คตท. output

จะได้สมการดังนี้

$$Vo/Vin = R2/R1 + R2$$

ถ้าหากวงจรมี capacitor ต่อขนานกับ คตท. output และ input voltage เป็น square wave จะทำให้รูปคลื่นของ output ผิดเพี้ยนไปจากรูปเดิม โดยเกิดการลบเหลี่ยม (Rounding) ของรูปคลื่น square wave เปลี่ยนเป็นส่วนโค้งแทน ส่วนโค้งที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า capacitance ที่ต่อขนานอยู่กับ คตท. output และ transient time ของวงจรซึ่งมีสูตรสมการดังนี้

Transient time = 5 RC

การลบเหลี่ยมของโวลท์เต็จที่เป็นรูป square wave สามารถชดเชยให้ได้ค่าสูงขึ้นหรือใกล้กับค่าที่เป็น square wave เดิมได้โดยการนำ capacitor ที่มีค่าความจุพอเหมาะสมต่อขนานกับ คตท.ที่เหลือของวงจร ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสูตรดังนี้

R1Cc = R2Cs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R1 = คตท.ที่เหลือของวงจร

R2 = คตท.output

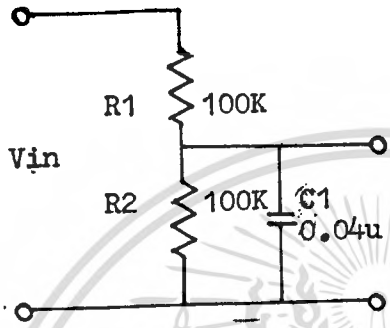
Cc = Capacitor ที่นำมาต่อชดเชย

Cs = Shunt capacitor ที่ต่อขนานกับ output

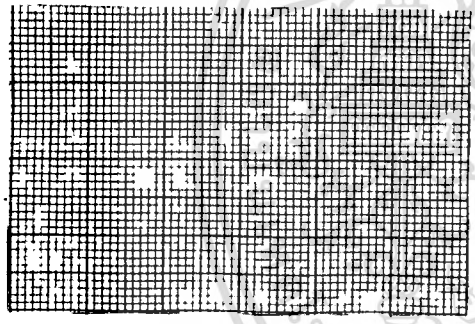
ำดับขั้นการทดลอง

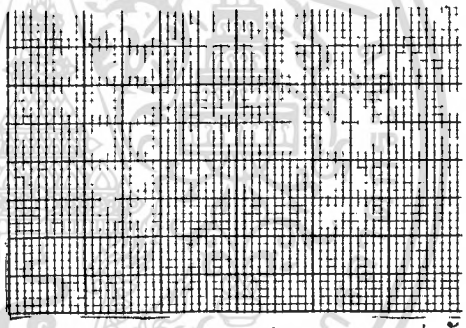
1. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณ sqeuar wav 800 Hz + 4 V ใช้เป็น standard input ป้อนให้แก่วงจรที่ทำการทดลองทั้งหมดทุกข้อ

2. ใช้สัญญาณข้อ 1 ป้อนให้แก่วงจรและบันทึก wave form ของ inputและoutput

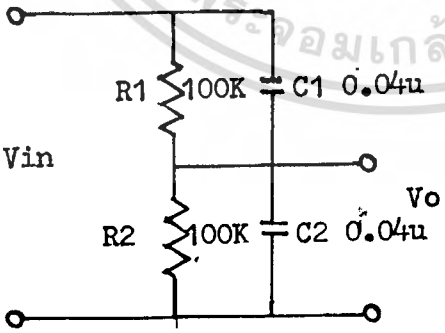


Vin = ...Vp-p Vo =.....Vp-p

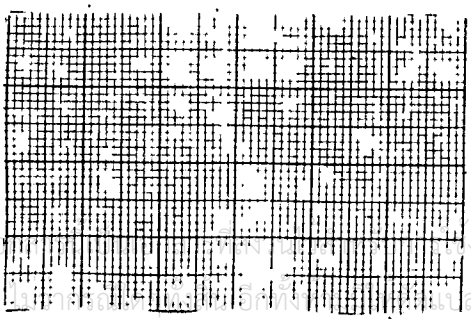


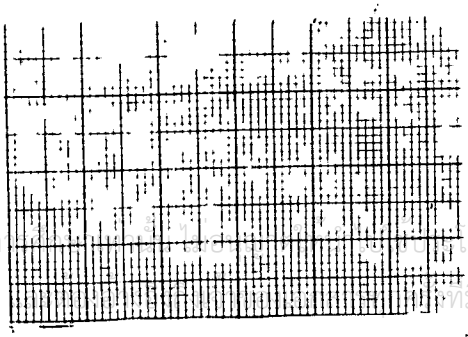


3. ใช้สัญญาณข้อ 1 ป้อนให้แก่วงจร Compensated eoyoaeiter ตามรูป บันทึก input และ output wave form



Vin = ...Vp-p Vo = ...Vp-p

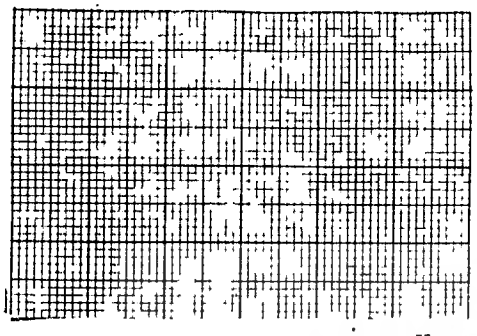


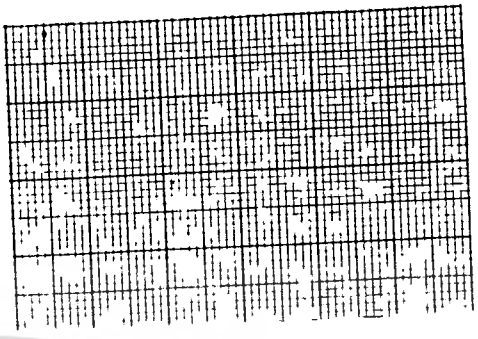


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

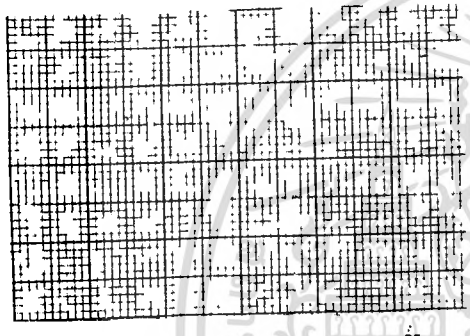
4. จากวงจรข้อที่ 2 เปลี่ยนความถี่ของสัญญาณ input จาก 500 Hz เป็น 1 KHz และ 10 KHz แล้วสังเกต input และ output wave form

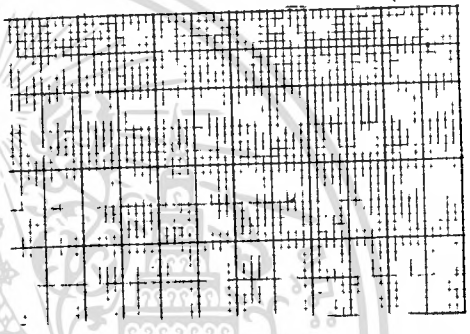
Vin =.....Vp-p 500 Hz Vo =.....Vp-p



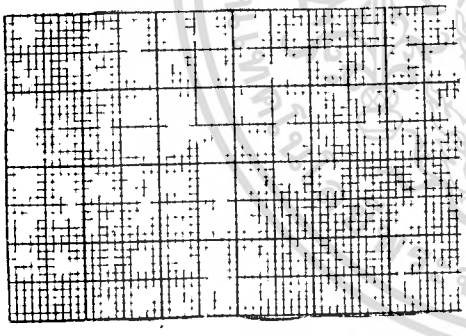


Vin =.....Vp-p 1 KHz Vo =.....Vp-p



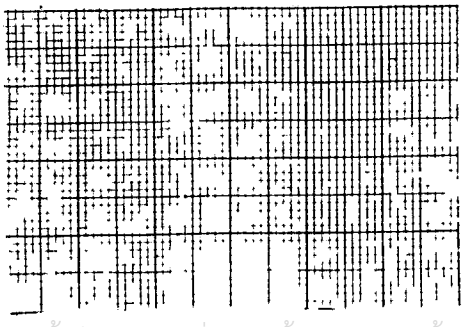


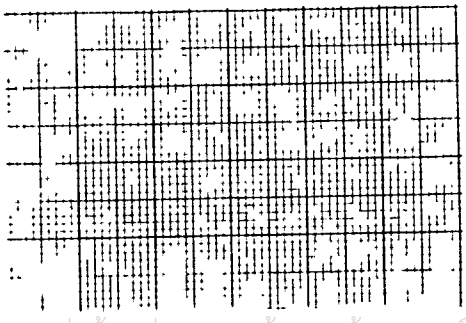
Vin =.....Vp-p 10 KHz Vin =.....Vp-p



5. ใช้สัญญาณความถี่ในข้อ 4 ป้อนให้แก่วงจรในข้อ 3 แล้วสังเกต input และ out put wave form

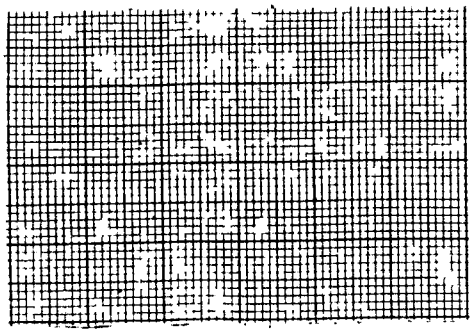
Vin.....Vp-p 500 Kz Vin.....Vp-p

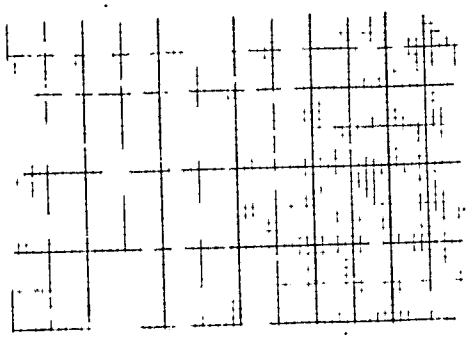




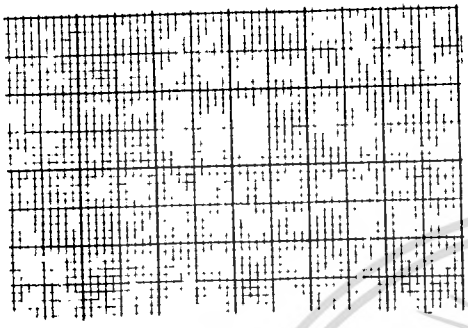
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

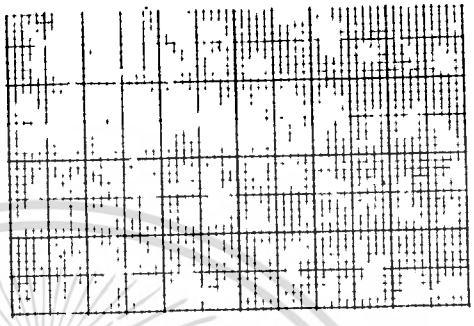
Vin.....Vp-p 1 KHz Vin.....Vp-p





Vin.....Vp-p 10 KHz Vin.....Vp-p





6. ทำซ้ำจากข้อ 2,3,4,5 โดยป้อนสัญญาณรูป Sine wave สังเกต input และ output wave form แล้วบันทึกผล

คำถาม

1. จากข้อสองถ้า R2 = 100K จงหาค่า R1 เมื่อ attenuation ratio เป็นดังนี้

   ก) 1 : 1

   ข) 1 : 2

   ค) 2 : 1

   ง) 3 : 1

2. ในวงจรข้อ 3 Transient time เท่ากับเท่าไร

3. จงคำนวณค่าของ R1 และ C1 ของวงจรข้างล่าง ถ้าวงจรต้องการ Divider ratio เท่ากับ 5 : 1 (perfect compensated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ื่อง วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

ตถุประสงค์ เพื่อวัดและสังเกตลักษณะการทำงานของวงจรอะสเตเบิล มัลติเวเบรเตอร์

ครื่องมือและอุปกรณ์ 1. ออสซิโลสโคป

2. ชุดฝึกวงจรพัลซ์

นื้อเรื่อง แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรือ ฟรีรันนิ่งมัลติไวเบรเตอร์ (Free-running multivibrator) เป็นวงจรที่ให้กำเนิดสัญญาณเอ้าท์พุทเป็นรูปสแควเวฟโดยที่ไม่ต้องการสัญญาณทางอินพุทส่งเข้าไปกระตุ้น วงจรชนิดนี้โดยทั่วไปใช้สำหรับเป็นไทม์-พัลซ์เยนเนอร์เรเตอร์ (Time pulse generator) หรือวงจรซึ่งต้องการสัญญาณที่เป็นสแควเวฟติดต่อกันไป ข้อดีอย่างหนึ่งของวงจรนี้ก็คือพัลซ์วิดธ์ (Pulse width) และรีเพ็ทติชั่นเรทเปลี่ยนแปลงง่าย

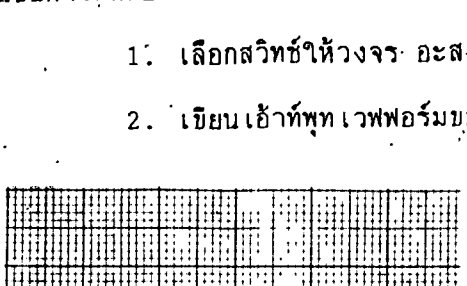
รีเพ็ทติชั่นเรทเท่ากับจำนวนไซเกิลที่ครบสมบูรณ์ต่อวินาทีที่วงจรออสซิลเลทออกมา พัลซ์วิดธ์ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 1/2 ของหนึ่งไซเกิลเสมอไปพัลซ์วิดธ์เท่ากับอัตราส่วนของระยะเวลาของหนึ่งพัลซ์ต่อระยะเวลาของหนึ่งไซเกิลจากการออสซิลเลชั่น ตัวอย่างเช่นถ้าหนึ่งไซเกิลมีระยะเวลา 10 มิลลิเซ็คกันด์ และระยะเวลาของพัลซ์เป็น 0.4 ของหนึ่งไซเกิล พัลซ์วิดธ์จะเท่ากับ 0.4 + 10 ซ 4 มิลลิเซ็คกันด์

การออสซิลเลชั่นของวงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์มีความรู้สึกที่ไวมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและซัพพลายโวลท์เต็จ เมื่อเปรียบเทียบกับวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบอื่น เนื่องจากเหตุนี้ จึงไม่ควรใช้กับงานที่ต้องการเวลาเที่ยงตรงมากถึงแม้ว่าจะสามารถทำการสเตบิไลซ์ (Stabilized) วงจรได้ก็ตามแต่ก็ยังไม่ดีนักทางที่ดีควรเปลี่ยนเป็นใช้วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบอื่นแทนจะดีกว่า

ลำดับขั้นการทดลอง

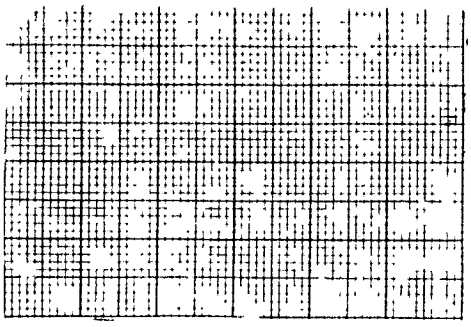
1. เลือกสวิทช์ให้วงจรอะสเตเบิลทำงานโดยให้ LED สว่าง

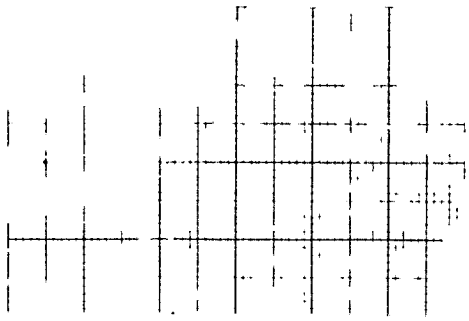
2. เขียนเอ้าท์พุทเวฟฟอร์มของวงจร



เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

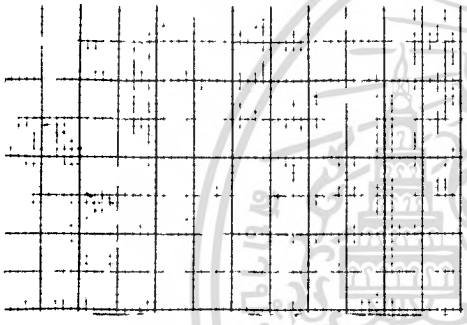
3. ปรับค่า R3 เป็นค่า 1K, 10K และ 100K ตามลำดับและบันทึก output wave form ตามที่ได้



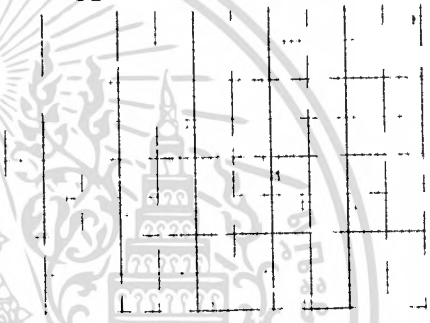


4. ให้ค่า R3 มีค่าเท่ากับ 100K แล้วเปลี่ยนค่า C1 ภายในวงจรเป็น 0.01,0.1 1 , 10 บันทึก output ที่ได้

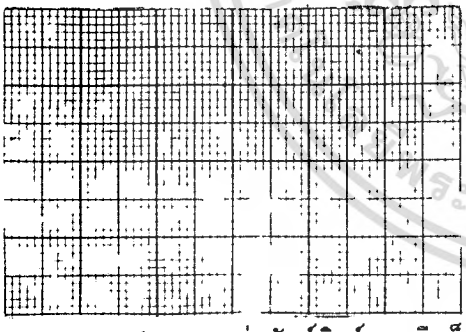
C1 = 0.01



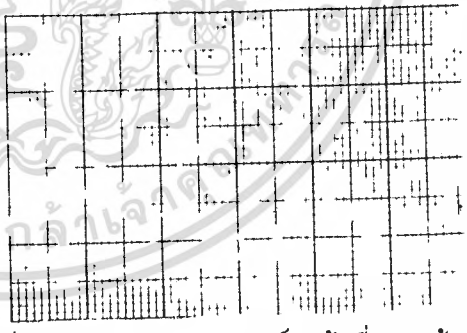
C1 = 0.1



C1 = 1



C1 = 10



5. คำนวณหาค่าพัลซ์ริดช์และรีเพ็ทท์ชั่นที่เอ้าท์พุทของมัลติไวเบรเตเตอร์ในข้อที่ 2 แล้วบันทึกไว้

Pw..... Rep Rate =.....

6. เมื่อเปลี่ยนค่า R ตามข้อที่ 3 แล้วให้คำนวณหาค่า Pulse width และ Repetition Rate

เมื่อ R3 = 1K

Pw..... Rep Rate =.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R3 = 10K

Pw..... Rep Rate =.....

R3 = 100K

Pw..... Rep Rate =.....

7. เมื่อเปลี่ยนค่า C ตามข้อที่ 4 แล้วให้คำนวณหาค่า Pulse width และ Repetition Rate

C1 = 0.01 uF

PN =..... Rep Rate.....

C1 = 0.1 uF

PN =..... Rep Rate.....

C1 = 1 uF

PN =..... Rep Rate.....

C1 = 10 uF

PN =..... Rep Rate.....

คำถาม

1. ความถี่ของแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างไรอธิบาย
2. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงของ Pulse width ของเอ้าท์พุทพัลซ์ว่าสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างไร
3. จงอธิบายผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของซัพพลายโวลท์เต็จต่อเอ้าท์พุทฟรีเควนซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

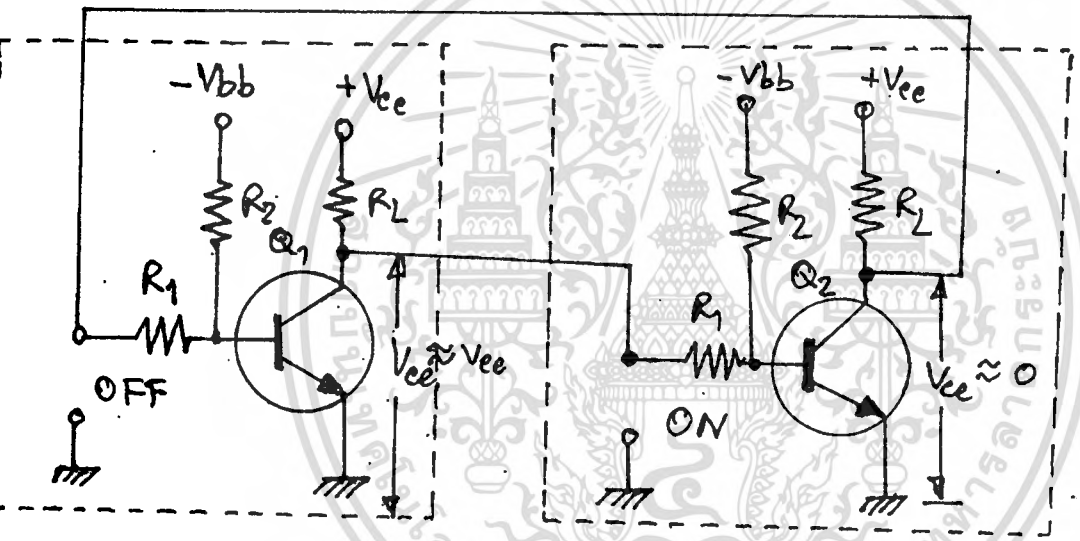
เรื่อง ไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Bistable Multivibrator)

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์แบบต่าง ๆ

เครื่องมือและอุปกรณ์ ชุดฝึกวงจรพัลซ์

เนื้อเรื่อง ลักษณะของวงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสเตทอยู่สองสเตท มักจะเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า วงจรฟลิปฟล็อป โดยที่วงจรจะอยู่ในสภาวะหนึ่งในสองสภาวะและจะเปลี่ยนไปสู่อีกสภาวะ (state) หนึ่งได้โดยการใช้สัญญาณกระตุ้นจากภายนอก ลักษณะของวงจรจะเป็นดังรูปที่ 1



การทำงานของวงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

จากรูปที่ 1 วงจรสวิทช์ของวงจรเป็นวงจรทรานซิสเตอร์อินเวกเตอร์ สมมุติว่าเมื่อสวิทช์ตัวที่หนึ่ง OFF ซึ่งจะทำให้สวิทช์ตัวที่สอง ON นั่นคือทรานซิสเตอร์ Q1 จะคัทออฟ ค่าโวลท์เต็จระหว่างคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ของ Q1 จะมีค่าประมาณเท่ากับ + Vcc นี้จะเป็นอินพุทให้กับ Q2 ทำให้ทรานซิสเตกร์ Q2 ได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัส จนทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแส จนกระทั่งกระแสที่คอลเลคเตอร์ Q2 ถึงจุดอิ่มตัว ค่าแรงไฟที่คอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ของ Q2 จะมีค่าประมาณ OV ค่าแรงไฟ OV นี้ จะป้อนกลับไปเป็นอินพุทของทรานซิสเตอร์ Q1 ถ้าไม่มีแรงไฟจากภายนอกมาป้อนให้กับเบสของ Q1 จะทำให้ที่เบสของ Q1 มีแรงไฟเป็นลบ (เทียบกับกราวน์) จะได้จากค่าแรงไฟที่ตกคร่อม R2 ซึ่งได้จากแหล่งจ่าย Vbb หรือจะพูดได้ง่ายๆ ว่าได้จากวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลท์เต็จดิไวเดอร์ R1 และ R2

สวิทช์ 1 จะยังคง OFF และสวิทช์ 2 จะ ON อยู่เช่นนี้ตลอดไปถ้าเราต้องการจะวงจรเปลี่ยนสภาวะ คือให้สวิทช์ 1 ON และสวิทช์ 2 OFF แล้ว จะต้องใช้แรงไฟจากภายนอกมากระตุ้นวงจร ในกรณีที่ต้องการที่จะให้วงจรสวิทช์เปลี่ยนสภาวะจาก ON เป็น OFF หรือจาก OFF เป็น ON ก็จะทำได้โดยการช๊อทเบสกับอิมิตเตอร์ของ Q2 เพียงชั่วขณะหนึ่งซึ่งจะทำให้ฟอร์เวอร์ดไบอัสที่เบสของ Q2 หมดไปทำให้ทรานซิสเตอร์สวิทช์ Q2 คัทออฟ ค่าแรงไฟที่คอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ของ Q2 จะเพิ่มจาก VCE sat (ON) ไปเป็น +Vcc ค่าแรงไฟที่เพิ่มขึ้นจาก OV ขึ้นไปเป็น +Vcc ที่คอลเลคเตอร์ของ Q2 จะเป็นอินพุทของ T1 ทำให้เบสของ Q1 ได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัส ก็จะเริ่มนำกระแส จนกระทั่งกระแสที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 อิ่มตัว (ON) ซึ่งจะทำให้แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 ลดลงจาก +Vcc ลงมาเป็น OV เป็นรีเวอร์ดไบอัสให้กับเบส-อิมิตเตอร์ของ Q2 ทำให้ Q2 ยังคงอยู่ในสภาวะ OFF ต่อไป ในขณะนี้จะเห็นว่าสวิทช์ Q1 และ Q2 จะเปลี่ยนสภาวะไปสู่สภาวะใหม่ คือ Q1 ON และ Q2 OFF และจะเป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนกว่าจะมีแรงไฟจากภายนอกมากระตุ้นวงจรดังกล่าวแล้ว

ำดับขั้นการทดลอง

1. เลื่อนสวิทช์ไปตำแหน่งที่วงจรไบสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์โดยให้ LED สว่าง
2. เมื่อกดสวิทช์ S1 LED จะ
3. เมื่อกดสวิทช์ S2 LED จะ
4. เมื่อกดสวิทช์ S1 และ S2 พร้อม ๆ กัน LED จะ
5. จงอธิบายถึงผลการทดลองในข้อ 2, 3 และ 4 ว่าทำไมผลถึงออกมาเป็นเช่นนั้น

ำถาม

1. จงคำนวณหาค่ากระแส IC1 , Ic2 , Ib2 ในตารางที่ 1-6 แล้วบันทึกผลลงในตารางดังกล่าวตามลำดับ
2. จงอธิบายการทำงานของวงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แต่ละแบบ
   2.1 ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบไบอัสภายนอก
   2.2 ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบ Self Bias
   2.3 ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบไดเร็คคัปเปิล
3. จงอธิบายถึงการทำงานในช่วงการเปลี่ยนสภาวะของวงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยการลัดวงจรคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวที่อยู่ในสภาวะคัทออฟลงกราวน์ชั่วขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

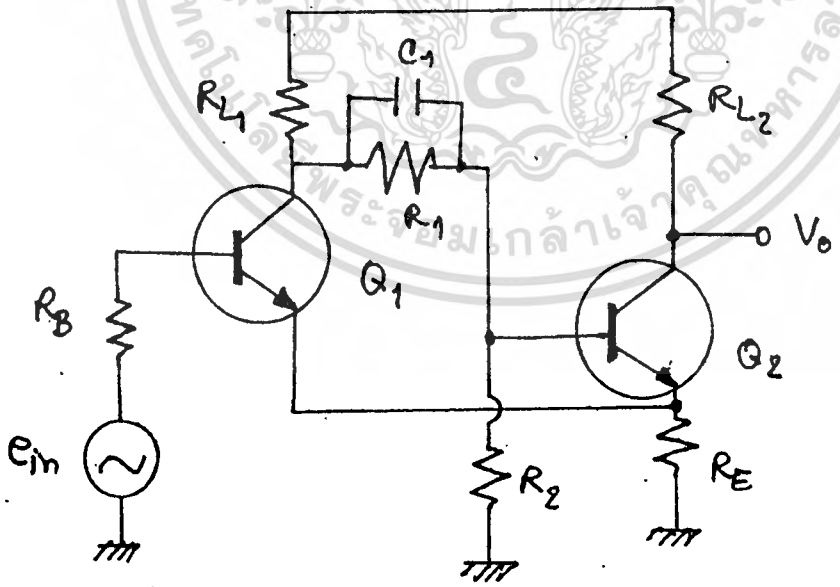
เรื่อง วงจรชมิทท์ ทริกเกอร์ (Schmitt Trigger)

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการทำงานและคุณสมบัติของวงจรชมิทท์ ทริกเกอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์ 1. ออสซิโลสโคป

2. ชุดฝึกวงจรพัลซ์

เนื้อเรื่อง วงจรชมิทท์ ทริกเกอร์ เป็นวงจรพิเศษแบบหนึ่งที่มีหลักการทำงานมาจากวงจรอีมิตเตอร์ คัปเปิล ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เอ้าท์พุทของวงจรจะเปลี่ยนแปลงเป็นแรงไฟสองระดับ ต่อเมื่อมีสัญญาณกระตุ้นที่อินพุทในสภาวะความแรงที่กำหนดไว้เท่านั้น กล่าวคือ สภาวะคงตัวของแรงไฟที่เอ้าท์พุทในตอนแรกจะกำหนดจากความแรงของสัญญาณอินพุทค่าหนึ่ง และสภาวะคงตัวในช่วงหลังจะกำหนดได้จากความแรงของสัญญาณอินพุทอีกค่าหนึ่งที่ต่อเนื่องกับค่าแรก นั่นคือวงจรชมิทท์ทริกเกอร์ จะมีระดับความแรงของสัญญาณอินพุทสองค่าที่จะทำให้วงจรเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปเป็นอีกสภาวะหนึ่งได้ ดังนั้น วงจรนี้จึงสามารถนำไปใช้งานเป็นวงจรเปรียบเทียบความแรงของสัญญาณดี.ซี. สองระดับได้ เรียกว่าวงจรคอมแพร (Compare) หรือใช้เป็นวงจรปรับรูปร่างของสัญญาณอินพุทแบบต่อเนื่อง เช่น สัญญาณ รูปไซน์ ให้เป็นสัญญาณพัลซ์แบบสแควเวฟได้



จากวงจรในรูปที่ 20.1 เมื่อยังไม่ป้อนสัญญาณอินพุทที่เบสของ Q1 (Vin=0) R1 และ R2 จะเป็นตัวแบ่งแรงไฟร่วมกับ RL1 ทำให้แรงไฟที่เบสของ Q2 เป็นบวกเล็กน้อย เมื่อเทียบกับอีมิตเตอร์ Q2 จึงนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว (ON) และเกิดแรงไฟตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RE ซึ่งเป็นความต้านทานที่อิมิตเตอร์ของ Q1 และ Q2 แรงไฟนี้จะเป็นรีเวอร์สไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ Q1 อยู่ในสภาพคัทออฟ (OFF) นั่นคือ ในสภาวะปกติ Q1 จะ "OFF" และ Q2 จะ " ON "

ถ้าป้อนสัญญาณอินพุทเป็นไซน์เวฟ (ผ่าน RB) ในขณะที่สัญญาณเพิ่มขึ้นในทางบวกจนถึงค่าระดับแรงไฟค่าหนึ่ง เรียกว่า VP1 จะทำให้แรงไฟที่เบสของ Q1 เป็นบวกสูงกว่าแรงไฟที่ตกคร่อม RE ในสภาวะปกติก็จะมีผลทำให้ Q1 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว (ON) แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 จะลดลงทำให้แรงไฟที่เบสของ Q2 ซึ่งจัดโดยค่า R1 และ R2 เป็นรีเวอร์สไบอัน เมื่อวัดเทียบกับอิมิตเตอร์ Q2 จะคัทออฟ (OFF) วงจรจะคงสภาวะเช่นนี้เรื่อยๆ ไป ตราบเท่าที่ยังมีสัญญาณอินพุทมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า VP1 ป้อนให้กับวงจร

เมื่อขนาดของแรงไฟที่สัญญาณอินพุทลดต่ำลงจนถึงค่าแรงไฟ VP2 แรงไฟที่เบสของ Q1 จะมีค่าเป็นบวกต่ำกว่าแรงไฟที่อิมิตเตอร์เบสของ Q1 จึงได้รับรีเวอร์สไบอัส Q1 จึงหยุดนำกระแสหรือคัทออฟ แรงไฟที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในลักษณะของวงจรสวิทช์ ที่เบสของ Q2 ก็จะได้รับฟอร์เวอร์ดไบอัสใหม่อีก Q2 จึงนำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว เป็นสภาวะเดิม เมื่อตอนเริ่มต้นใหม่ รูปร่างของสัญญาณที่เอ้าท์พุทจึงมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลซ์แบบสแควเวฟตามต้องการ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เลือกสวิทช์ให้วงจรชมิทท์ ทริกเกอร์ทำงานโดยให้ LED สว่าง
2. ต่อสัญญาณซายน์-สแควเวฟ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ตั้งความถี่ของเครื่องไว้ที่ 1 KHz ต่อออสซิโลสโคปไว้ที่เอ้าท์พุท วัดรูปคลื่นของสัญญาณแล้วบันทึกผลที่ได้

จุดที่วัด	รูปร่างสัญญาณ	ขนาดของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่อย ๆ ปรับความแรงของสัญญาณจากเครื่องกำเนิดจากต่ำสุดจนกระทั่งเกิดสัญญาณสแควเวฟที่เอ้าท์พุท บันทึกขนาดและรูปร่างของสัญญาณลงในตาราง

จุดที่วัด	รูปร่างสัญญาณ	ขนาดของสัญญาณ V_{P-P}

คำถาม

1. จงเปรียบเทียบค่าแรงไฟ VP1 และ VP2 ที่วัดได้จากการป้อนแรงไฟ ดี.ซี. ที่อินพุทกับการป้อนสัญญาณไซน์เวฟที่อินพุทว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. จากการทดลองข้อ 4 เพื่อเพิ่มแรงไฟอินพุทให้สูงกว่า VP1 แล้วแรงไฟที่เอ้าท์พุทเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. จากการทดลองข้อ 6 เมื่อลดแรงไฟอินพุทลงมาให้ต่ำกว่า VP2 แล้วแรงไฟที่เอ้าท์พุทเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้