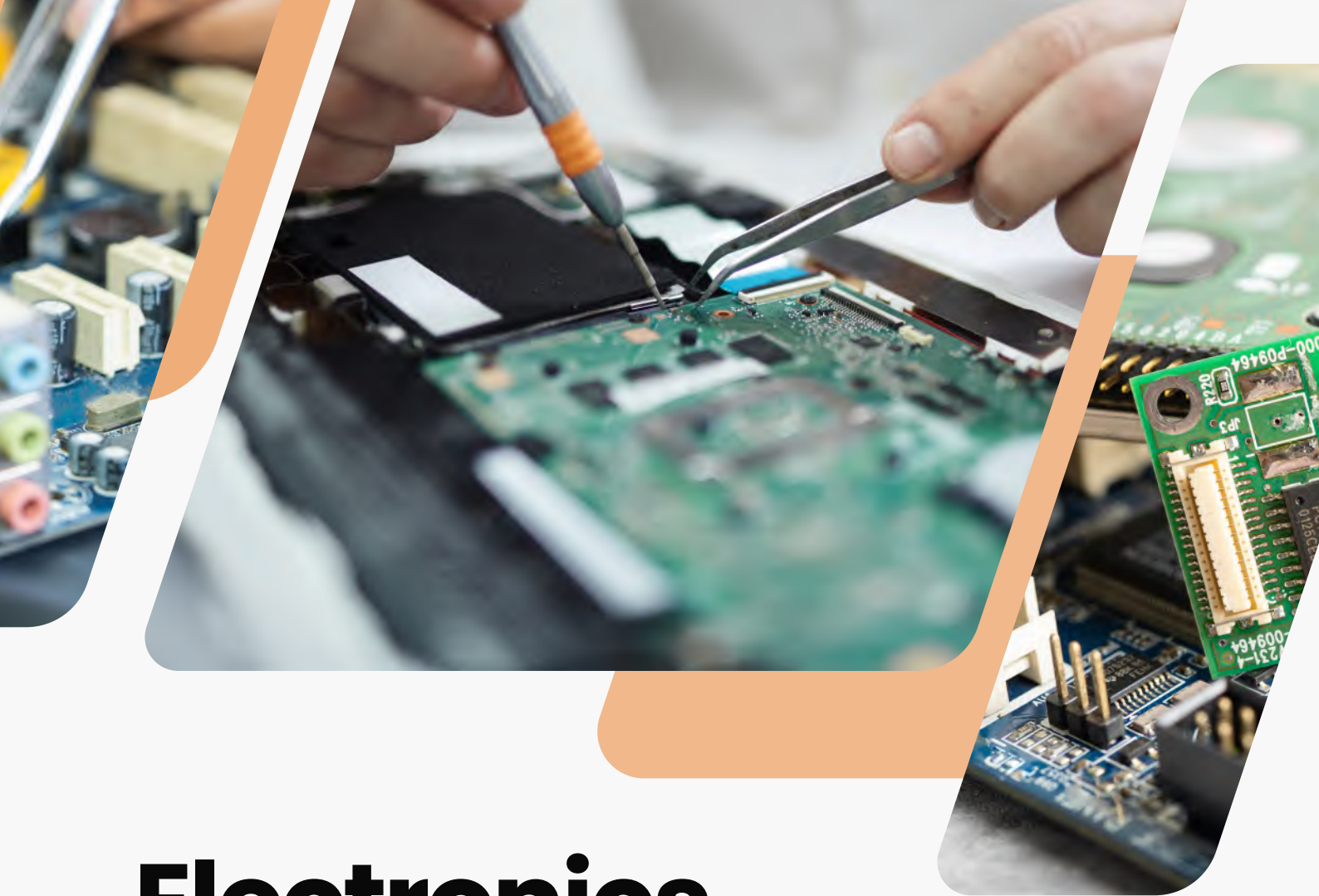




Electronics Circuit Design

การออกแบบวงจร
อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์รณันต์ ศรีสกุล



Electronics Circuit Design

การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์รณันต์ ศรีสกุล

E-Book Published พฤษภาคม 2567

@สงวนสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558 ห้ามทำการคัดลอก เลียนแบบ หรือ
ดัดแปลงเนื้อหาส่วนใดส่วนหนึ่งของงานเขียนรวมทั้งการจัดเก็บ ถ่ายทอด สแกน บันทึก ถ่ายภาพ ไม่ว่าใน
รูปแบบหรือวิธีการใดๆ ในกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

รายละเอียดข้อมูลปกหน้า

การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Electronics Circuit Design



หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือที่เหมาะสมกับผู้ที่ศึกษาและทำความเข้าใจในพื้นฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พื้นฐานการคำนวณ และพื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในแบบต่างๆ ได้แก่

- พื้นฐานการออกแบบวงจร Pulse Width Modulation ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Voltage Controlled Wave Generator ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Differential Voltage to Current Converter ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Current Amplifier ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Voltage Amplifier ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Croossover Bass ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Croossover Midrange ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Croossover Tweeter ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Schmitt Trigger ,
- พื้นฐานการออกแบบวงจร LPF order 3 & HPF order 3
- พื้นฐานการออกแบบวงจร Conversion of Output to a Current (AD734)

ศึกษาพื้นฐานของการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในแบบต่างๆ ก่อนที่จะนำไปออกแบบเพื่อใช้งานจริงและนำไปประยุกต์ใช้งานในการออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน อื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คุณประโยชน์ และคุณความดีของหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่บุคคลต่างๆ เหล่านี้ ซึ่งมีส่วนร่วมในการสนับสนุน ส่งเสริมในทุกๆ ด้าน ให้กับผู้เขียนจนสามารถก้าวมาถึงจุดนี้ได้ และส่งผลให้เกิดเป็นหนังสือเล่มนี้ขึ้นมา

1.) ครู อาจารย์ ทุกๆ ท่าน ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาและคอยฝึกฝนประสิทธิ์ประสาทวิชาอบรมสั่งสอนในด้านวิชาการและแนวความคิด และเป็นตัวอย่างในการดำเนินชีวิตในทุกๆ ด้าน ให้กับผู้เขียนตลอดมา จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นอาจารย์ วิศวกรและนักเขียนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

2.) อ. นิพนธ์ ศรีสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษในทุกๆ ด้าน ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาและคอยฝึกฝนประสิทธิ์ประสาทวิชาในเรื่องต่างๆ รวมถึงเรื่องของการดำเนินชีวิต อบรมสั่งสอนในด้านวิชาการและแนวความคิด จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นอาจารย์ผู้สอน ที่ปรึกษาบริษัท นักเขียนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

3.) ผู้บริหารสถานศึกษาและคณะอาจารย์ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก และมหาวิทยาลัยต่างๆ ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ในการทำงานรวมถึงเรื่องของการดำเนินชีวิต ทั้งในด้านวิชาการและแนวความคิด จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นอาจารย์ผู้สอนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

4.) นักศึกษาในสาขาวิชาไฟฟ้า สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ที่ได้เรียนกับผู้เขียนทุกคน ที่คอยช่วยเหลือในงานต่างๆ

5.) แม่แก่ คุณตา คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยาและลูก ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคน ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษากับผู้เขียนตลอดมา

คำนำ

การเรียนวิชาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และในระดับปริญญาตรี ทั้งในหลักสูตร สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาไฟฟ้ากำลัง และผู้ที่มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเรียนรู้ทางทฤษฎีให้เกิดความเข้าใจก่อนที่จะไปทำการเรียนในทางปฏิบัติ ซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมา การที่ได้ทำการศึกษาในทางทฤษฎีนั้นถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ที่สำคัญมากครับ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในหลักการทำงานของหลักการคำนวณและการออกแบบวงจรของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากยิ่งขึ้นนั่นเองครับ โดยในหนังสือเล่มนี้ทางผู้เขียนได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 11 บท ซึ่งจะมีการกล่าวถึง พื้นฐานการออกแบบวงจร Pulse Width Modulation , วงจร Voltage Controlled Wave Generator , วงจร Differential Voltage to Current Converter , วงจร Current Amplifier , วงจร Voltage Amplifier , วงจร Croosover Bass , วงจร Croosover Midrange , วงจร Croosover Tweeter , วงจร Schmitt Trigger , วงจร LPF order 3 & HPF order 3 และวงจร Conversion of Output to a Current (AD734) ซึ่งในแต่ละบทก็ยังได้ยกตัวอย่างการคำนวณ ตัวอย่างการออกแบบวงจร ผลการทดสอบวงจรไว้อย่างละเอียดที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือผู้ที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

โดยเนื้อหาทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้น ทางผู้เขียนมีความประสงค์ที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจในเรื่องของหลักการการออกแบบวงจร การทำงานของวงจรและคุณลักษณะต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานทางด้านการออกแบบวงจรในแต่ละวงจร และเมื่อเกิดความเข้าใจแล้วก็เสมือนกับว่าเรามีพื้นฐานที่ดีทางด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนที่เราจะนำความรู้ที่มีไปศึกษาและออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นต่อไปนั่นเองครับ

อ. ธนันต์ ศรีสกุล

tanansrisakul@hotmail.com, tanansri@gmail.com

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังและสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า

วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
คำนำ	II
สารบัญ	V
บทที่ 1 พื้นฐานการออกแบบวงจร Pulse Width Modulation : PWM	1-1
1.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	1-1
1.2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณ	1-3
1.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจร	1-5
ตัวอย่างการออกแบบวงจร(1)	1-5
ตัวอย่างการออกแบบวงจร(2)	1-8
ตัวอย่างการออกแบบวงจร(3)	1-11
บทที่ 2 พื้นฐานการออกแบบวงจร Voltage Controlled Wave Generator	2-1
2.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	2-2
2.2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณ	2-4
2.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจร	2-7
2.4) ตัวอย่างการทดสอบวงจร	2-10
บทที่ 3 พื้นฐานออกแบบวงจร Differential Voltage to Current Converter	3-1
3.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	3-2
3.2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณ	3-5
3.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจร	3-7
ตัวอย่างการออกแบบวงจร(1) และการทดสอบวงจร	3-7
ตัวอย่างการออกแบบวงจร(2) และการทดสอบวงจร	3-11

สารบัญ (ต่อ)

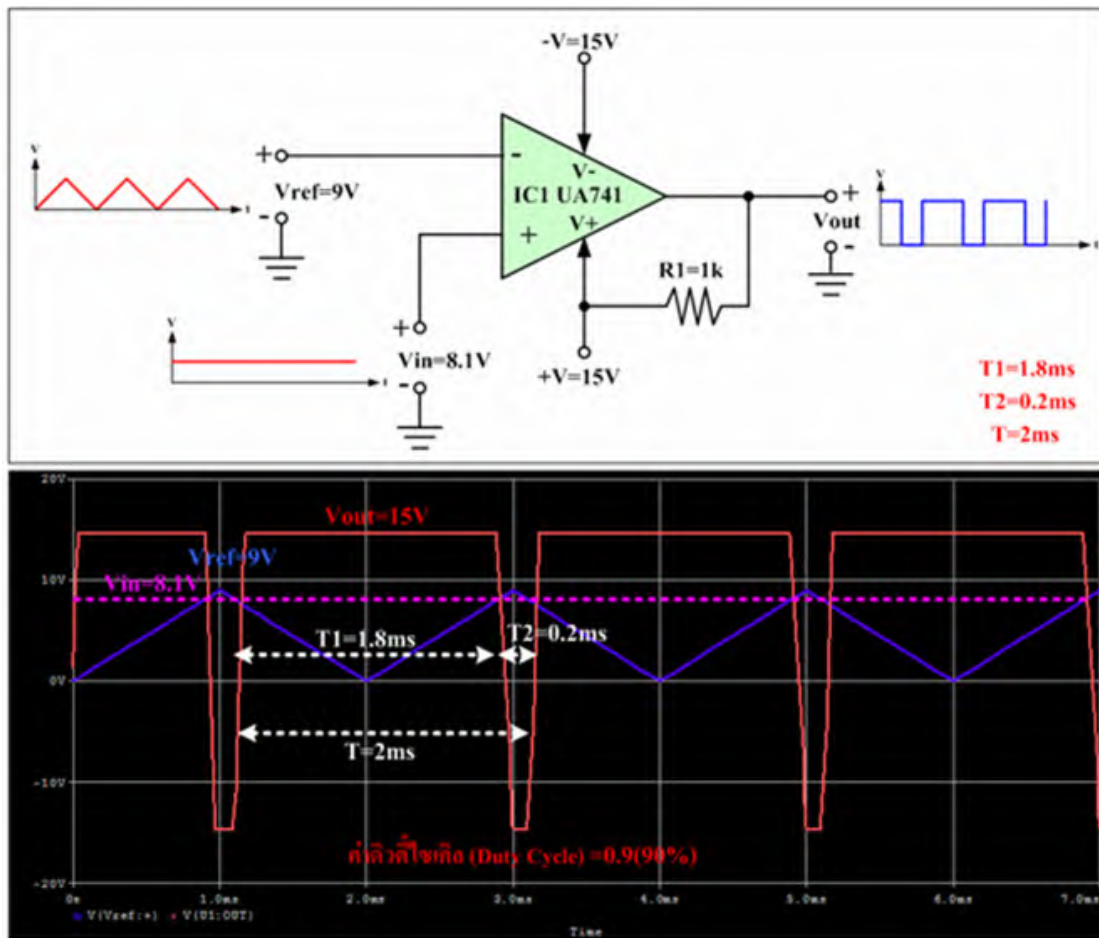
	หน้า
บทที่ 4 พื้นฐานการออกแบบวงจร Current Amplifier	4-1
4.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจรขยายสัญญาณกระแสแบบกลับเฟส	4-2
4.2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจรขยายสัญญาณกระแสแบบไม่กลับเฟส	4-10
บทที่ 5 พื้นฐานการออกแบบวงจร Voltage Amplifier	5-1
5.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	5-2
- โครงสร้างของหลอดเบอร์ 12AU7 และความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลอดเบอร์ 12AU7	5-2
5.2) ตัวอย่างการออกแบบวงจร	5-4
- ตัวอย่างวงจรขยายแรงดันที่ออกแบบและผลการทดสอบ	5-4
บทที่ 6 พื้นฐานการออกแบบวงจร Croosover Bass	6-1
6.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	6-2
6.2) ตัวอย่างการออกแบบวงจรอินพุท (Filter & Voltage Follower buffer)	6-3
6.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF)	6-5
6.4) ตัวอย่างการออกแบบวงจรปรับแรงดัน (Amplitude gain)	6-8
บทที่ 7 พื้นฐานการออกแบบวงจร Croosover Midrange	7-1
7.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	7-2
7.2) ตัวอย่างการออกแบบวงจรอินพุท (Filter & Voltage Follower buffer)	7-3
7.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจรกรองความถี่ผ่าน (BPF)	7-5
7.4) ตัวอย่างการออกแบบวงจรปรับแรงดัน (Amplitude gain)	7-9
บทที่ 8 พื้นฐานการออกแบบวงจร Croosover Tweeter	8-1
8.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	8-2
8.2) ตัวอย่างการออกแบบวงจรอินพุท (Filter & Voltage Follower buffer)	8-3
8.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (HPF)	8-5
8.4) ตัวอย่างการออกแบบวงจรปรับแรงดัน (Amplitude gain)	8-9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 9 พื้นฐานการออกแบบวงจร Schmitt Trigger	
9.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	9-1
- วงจรชmittทริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส	9-1
- ตัวอย่างการออกแบบวงจรชmittทริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส	9-4
- การวิเคราะห์ผลการทำงานของวงจรชmittทริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส	9-6
- วงจรชmittทริกเกอร์แบบกลับเฟส	9-7
- ตัวอย่างการออกแบบวงจรชmittทริกเกอร์แบบกลับเฟส	9-9
- การวิเคราะห์ผลการทำงานของวงจรชmittทริกเกอร์แบบกลับเฟส	9-11
 บทที่ 10 พื้นฐานการออกแบบวงจร LPF order 3 & HPF order 3	
10.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	10-1
10.2) ตัวอย่างการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับ 3 (LPF order 3)	10-2
10.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับ 3 (HPF order 3)	10-8
 บทที่ 11 พื้นฐานการออกแบบวงจร Conversion of Output to a Current (AD734)	
11.1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร	11-1
- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไอซีเบอร์ AD734	11-1
11.2) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณ	11-2
11.3) ตัวอย่างการออกแบบวงจร	11-5
11.4) ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการทำงานของวงจร	11-8
 บรรณานุกรม	a

บทที่ 1

การออกแบบวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation : PWM)



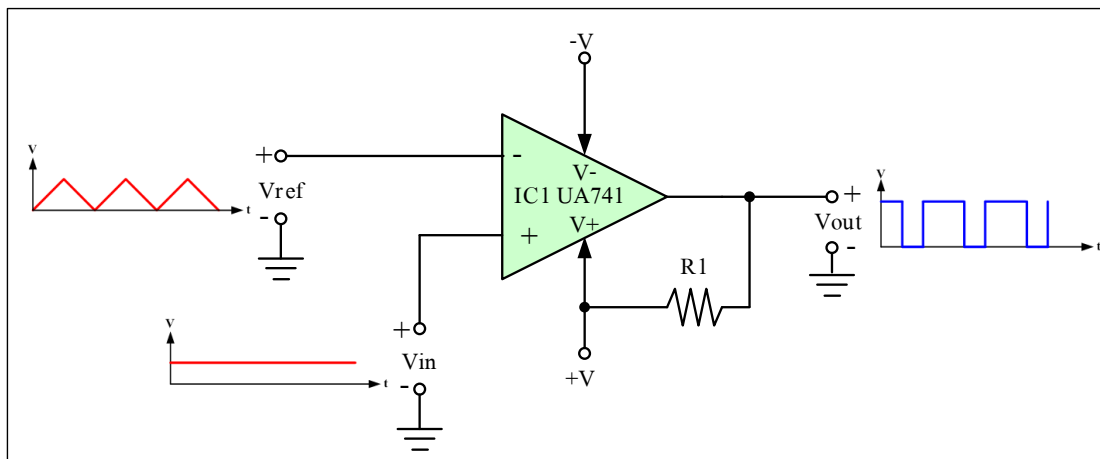
การออกแบบวงจรที่น่าสนใจด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในบทนี้จะขอลำถึง “**วงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation : PWM)**” นะครับ โดยเป็นการใช้ไอซีเบอร์ที่หาใช้งานได้ไม่ยากนักนั่นก็คือไอซีออปแอมป์ เบอร์ UA741 นะครับ (แต่จริงๆ แล้วใช้ออปแอมป์เบอร์อื่นๆ ก็ได้ครับ เช่น LF351 , LM311 , LM399) ซึ่งวงจรที่นำเสนอนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้ครับ แต่ในอันดับแรกเรามาทำความเข้าใจในวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชันนี้กันก่อนนะครับว่าจะมีคุณสมบัติในการทำงานที่สำคัญเป็นอย่างไรกันบ้าง....☺ ก่อนที่จะทำการออกแบบวงจรกันต่อไปนะครับ

1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการออกแบบวงจร

จากรูปที่ 1 จะเป็นลักษณะของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน ที่เราจะทำการออกแบบวงจรให้ทำงานตามที่เรากำลังต้องการนะครับ ซึ่งถ้าพิจารณาดูก็จะเห็นว่าเราจะใช้ไอซีออปแอมป์ เบอร์ UA741 นะครับ

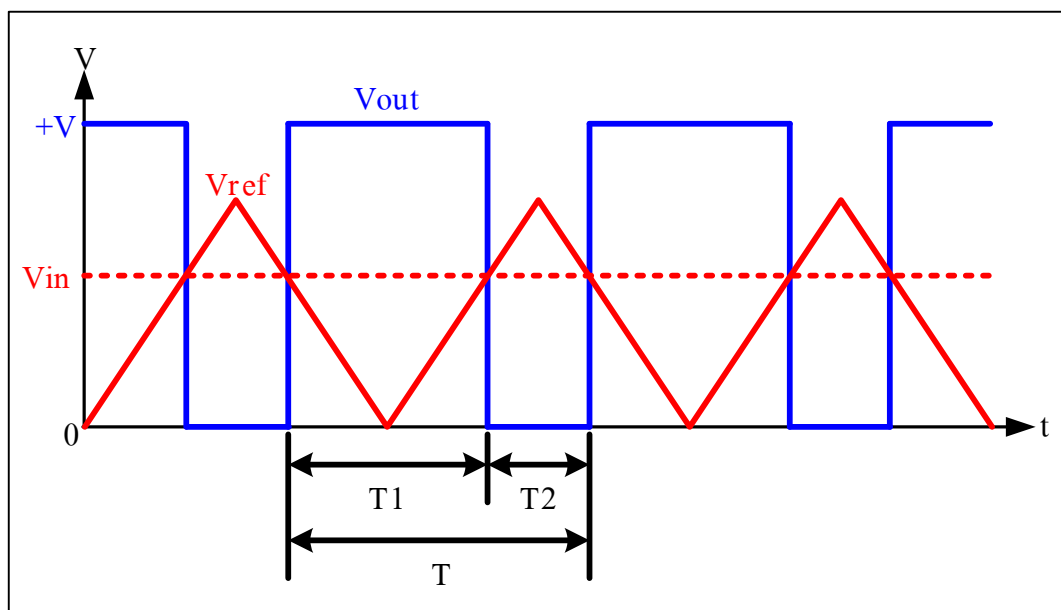
โดยที่จะมีการป้อนแรงดันสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangular Signal) เข้าที่ขั้วอินพุตกลับเฟส (Inverting Input) โดยจะเรียกแรงดันสัญญาณสามเหลี่ยมที่ป้อนเข้าไปนี้ว่า แรงดัน (V_{ref}) ซึ่งค่าแรง

ตอนนี้คือค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณที่ป้อนเข้าไปน่ะครับ และที่ขั้วอินพุตไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) เราก็จะทำการป้อนแรงดันไฟตรงเข้าไปน่ะครับ โดยจะเรียกแรงดันไฟตรงที่ป้อนเข้าไปนี้ว่าแรงดัน (V_{in}) นั้นเองครับ



รูปที่ 1 ลักษณะของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

และจากการที่เราทำการป้อนค่าแรงดันทั้งสองเข้าไปที่ขั้วอินพุตของออปแอมป์นั้น ก็จะส่งผลให้เราได้แรงดันสัญญาณเอาท์พุทออกมานั้นเองครับ โดยแรงดันสัญญาณที่ได้นั้นจะเป็นแรงดันสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชันนั้นเองครับ ซึ่งค่าของแรงดันทางเอาท์พุทที่ได้นั้นจะมีค่าของแรงดันเท่ากับ $+V$ (มีค่าประมาณแรงดันที่เราป้อนให้กับไอซีออปแอมป์นั้นเองครับ) แต่ในการออกแบบวงจรนั้นไม่ได้ง่ายอย่างที่คิดน่ะครับ กล่าวที่จะทำให้วงจรที่เราจะออกแบบนี้ให้ผลออกมาตรงตามที่เราต้องการ....😊 ถ้าอย่างนั้นมาดูกันต่อเลยน่ะครับถึงในส่วนของคุณลักษณะของสัญญาณที่จะได้จากวงจรที่เราจะทำการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2 น่ะครับ



รูปที่ 2 ลักษณะของสัญญาณที่ได้จากวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

จากรูปที่ 2 จะเป็นลักษณะของสัญญาณที่จะได้จากวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชันนะครับ แต่
 ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับผู้ที่ออกแบบนะครับว่าอยากจะออกแบบวงจรให้ได้สัญญาณพัลส์วิดท์มอดู
 เลตชันเป็นแบบใด ซึ่งถ้าพิจารณาจากรูปที่ 2 ก็จะพบว่ามีความแรงดันอยู่ 3 ค่าด้วยกันนะครับ ซึ่ง
 แรงดันทั้งหมดนี้ก็จะมีความสัมพันธ์กันนะครับ นั่นก็คือ แรงดัน (V_{in}) ,แรงดัน (V_{ref}) และ
 แรงดัน (V_{out}) โดยถ้าพิจารณาจากที่เห็นจะเห็นว่าค่าของแรงดัน (V_{in}) นั้นมีค่ามากกว่า $0V$,ค่าของ
 แรงดัน (V_{ref}) นั้นมีค่ามากกว่า (V_{in}) และแรงดัน (V_{out}) นั้นมีค่าเท่ากับ $(+V)$ นั่นเองครับ

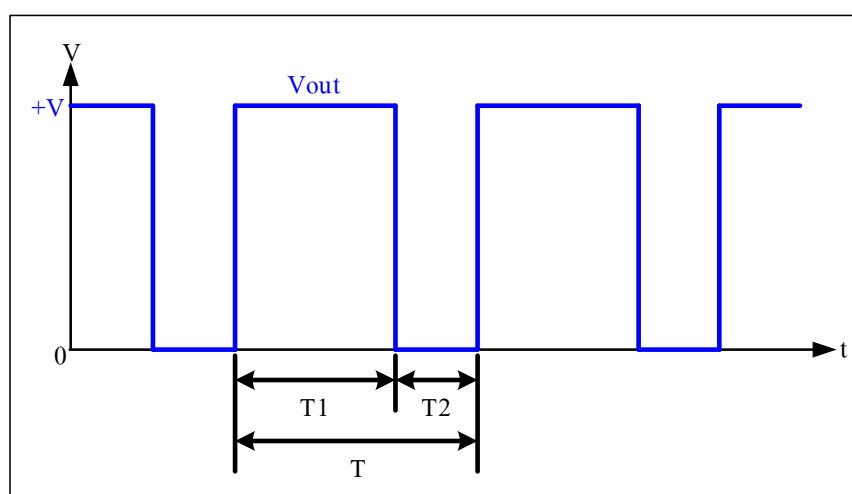
ดังนั้นถ้าเรามาทำการพิจารณาถึงลักษณะการทำงานของวงจรก็จะพบว่าเราจะให้หลักการ
 ของการเปรียบเทียบแรงดันนั้นเองครับ เพื่อที่จะทำให้ได้ค่าของแรงดันสัญญาณเอาต์พุตออกมา
 นั้นเองครับ กล่าวคือ

- ถ้าค่าของแรงดัน (V_{in}) นั้นมีค่ามากกว่าค่าของแรงดัน (V_{ref}) เราก็จะได้ค่าของแรงดัน
 สัญญาณเอาต์พุตออกมามีค่าเท่ากับ $(+V)$ นั้นเองครับ
- ถ้าค่าของแรงดัน (V_{in}) นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าของแรงดัน (V_{ref}) เราก็จะได้ค่าของแรงดัน
 สัญญาณเอาต์พุตออกมามีค่าเท่ากับ $(0V)$ นั้นเองครับ

เป็นอย่างไรบ้างครับพอที่จะเข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชันกันมาก
 ขึ้นแล้วนะครับ แต่ยังไม่จบเพียงเท่านั้นนะครับสำหรับการออกแบบวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชัน ถ้า
 อย่างนั้นเรามาดูกันต่อเลยนะครับ.....????

1.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการคำนวณ

ทีนี้มาดูในส่วนของการคำนวณหาที่สำคัญๆ กันบ้างนะครับ โดยในอันดับแรกจะขอ
 กล่าวถึงการคำนวณหาของดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ของรูปสัญญาณเอาต์พุตที่จะได้จาก
 วงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชัน กันก่อนนะครับ ดังแสดงในรูปที่ 3 ครับ



รูปที่ 3 ลักษณะของค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ของสัญญาณเอาต์พุต
 ที่ได้จากวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชัน

จากรูปที่ 3 ถ้าเราพิจารณาแล้วก็จะเห็นว่าค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่จะได้จากวงจรนั้น จะมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าของช่วงเวลา T_1 กับช่วงเวลา T_2 นั้นเองครับ โดยสามารถที่จะ คำนวณค่านี้ได้ดังแสดงในสมการที่ 1 นั้นเองครับ

$$duty\ cycle = \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2}\right) \quad \dots\dots\dots(1)$$

และถ้าเรากำหนดให้ $T = T_1 + T_2$ ดังนั้นเราก็สามารถที่จะคำนวณค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ได้ดังแสดงในสมการที่ 2 ครับ

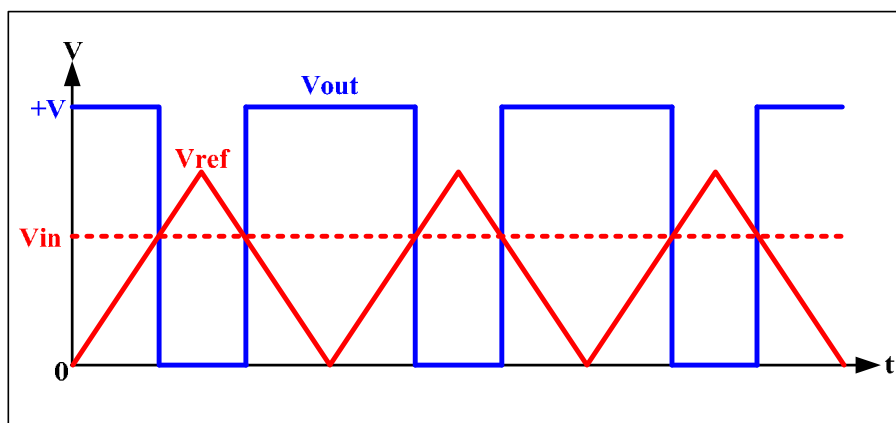
$$duty\ cycle = \left(\frac{T_1}{T}\right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดยจากสมการที่ 1 และจากสมการที่ 2 ที่ได้แสดงนั้นก็จะเป็นการคำนวณค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) นะครับ แต่ถ้าเราจะคำนวณค่าของเปอร์เซ็นต์ดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ก็จะสามารถ คำนวณค่าได้ดังแสดงในสมการที่ 3 และสมการที่ 4 ครับ

$$duty\ cycle(\%) = \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$duty\ cycle(\%) = \left(\frac{T_1}{T}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

ทีนี้มาดูอีกส่วนหนึ่งนะครับในการคำนวณค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) จากค่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน (V_{in}) กับค่าของแรงดัน (V_{ref}) ดังแสดงในรูปที่ 4 ครับ



รูปที่ 4 ลักษณะของค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ของสัญญาณเอาต์พุต ที่ได้จากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน (V_{in}) กับค่าของแรงดัน (V_{ref})

จากรูปที่ 4 ถ้าเราพิจารณาแล้วก็จะเห็นว่าค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่จะได้จากวงจรนั้นสามารถที่จะคำนวณโดยใช้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน (V_{in}) กับค่าของแรงดัน (V_{ref}) ได้เช่นกันครับ โดยสมการที่จะคำนวณหาค่านี้ได้ดังแสดงในสมการที่ 5 นั้นเองครับ

$$duty\ cycle = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

แต่ถ้าเราจะคำนวณหาค่าของเปอร์เซ็นต์ดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ก็สามารถคำนวณหาค่าได้ดังแสดงในสมการที่ 6 นะครับ

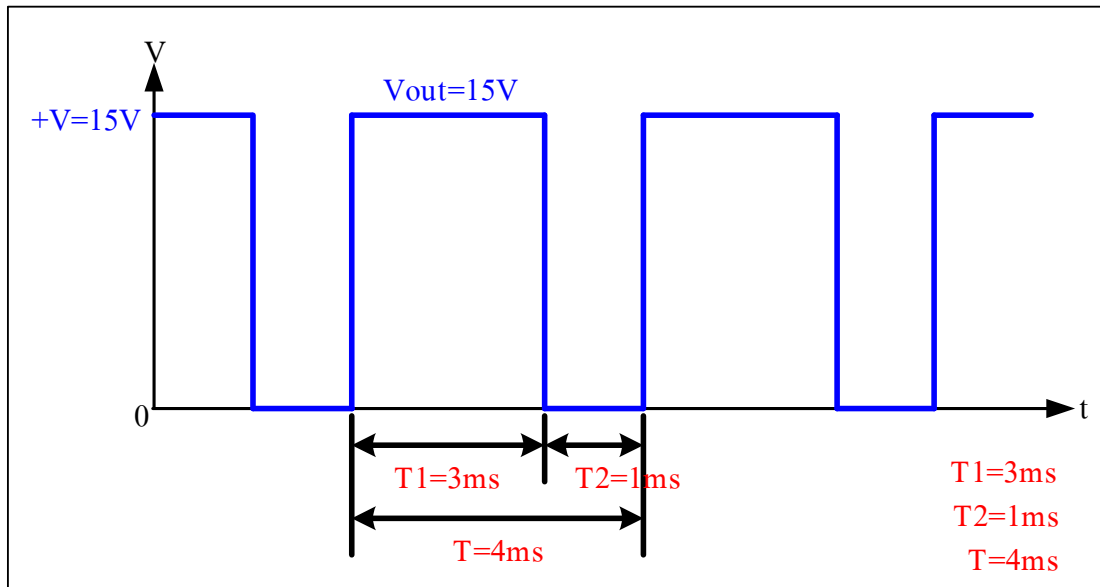
$$duty\ cycle(\%) = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

ซึ่งจากสมการที่ 5 และสมการที่ 6 ที่ได้แสดงนั้น ถ้าเราพิจารณาก็จะพบว่าค่าของดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) นั้นจะค่าที่ขึ้นอยู่กับค่าของแรงดัน (V_{in}) นั้นเองครับ โดยที่ค่าของแรงดัน (V_{ref}) คือค่าแรงดันสูงสุดของสัญญาณที่ป้อนเข้าไปครับ ดังนั้นจากวงจรที่ออกแบบนี้ถ้าเราทำการกำหนดให้ค่าของแรงดัน (V_{in}) มากกว่าศูนย์ และให้ค่าของแรงดัน (V_{ref}) มากกว่าค่าของแรงดัน (V_{in}) แล้วก็จะทำให้เราได้ค่าของดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ที่อยู่ในช่วง 0–100 นั้นเองครับ เป็นอย่างไรบ้างครับพอที่จะเข้าใจถึงหลักการทำงานและหลักการการออกแบบวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตขึ้นกันมากขึ้นแล้วนะครับ แต่เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในการออกแบบวงจรมากขึ้นไปอีก ดังนั้นก็จะขอยกตัวอย่างการออกแบบวงจร ตัวอย่างนั้นเรามาดูกันเลยนะครับกับวิธีการออกแบบวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตขึ้น.....????

1.3 ตัวอย่างการออกแบบวงจร

- ตัวอย่างการออกแบบวงจร (1)

การออกแบบวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตขึ้น ให้มีค่าช่วงเวลาตามที่ได้ทำการกำหนดดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการจากวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่น

จากรูปที่ 5 จะเป็นลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการจากวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นที่เราจะทำการออกแบบนะครับ

โดยถ้าเราพิจารณาจากลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการนั้น ก็จะพบว่าค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่จะได้จากวงจรนั้นจะสามารถทำการคำนวณได้ดังนี้ครับ

$$duty\ cycle = \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} \right) = \left(\frac{3ms}{3ms + 1ms} \right) = \left(\frac{3ms}{4ms} \right) = 0.75$$

ซึ่งถ้าเราจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ก็จะมีดังนี้ครับ

$$duty\ cycle (\%) = \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} \right) \times 100\% = \left(\frac{3ms}{3ms + 1ms} \right) \times 100\% = 75\%$$

ซึ่งจากค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ที่เราได้คำนวณหาค่ามานั้น เราก็จะสามารถนำค่าดังกล่าวมาทำการคำนวณเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดัน (V_{in}) กับค่าของแรงดัน (V_{ref}) ที่เราจะใช้ในวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นนั่นเองครับ โดยสามารถที่จะคำนวณหาได้ดังต่อไปนี้ครับ

เมื่อเรากำหนดให้

- 1.) ค่าดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าเท่ากับ 0.75 (ได้มาจากการคำนวณในตอนต้นนะครับ)
- 2.) ค่าแรงดัน (V_{in}) มีค่าเท่ากับ 5V (กำหนดค่าขึ้นมาเอง ตามความเหมาะสมนะครับ)

3.) คำนวณหาค่าแรงดัน (V_{ref}) มีค่าเท่ากับ ?V (ทำการคำนวณค่า.....???? นะครับ)

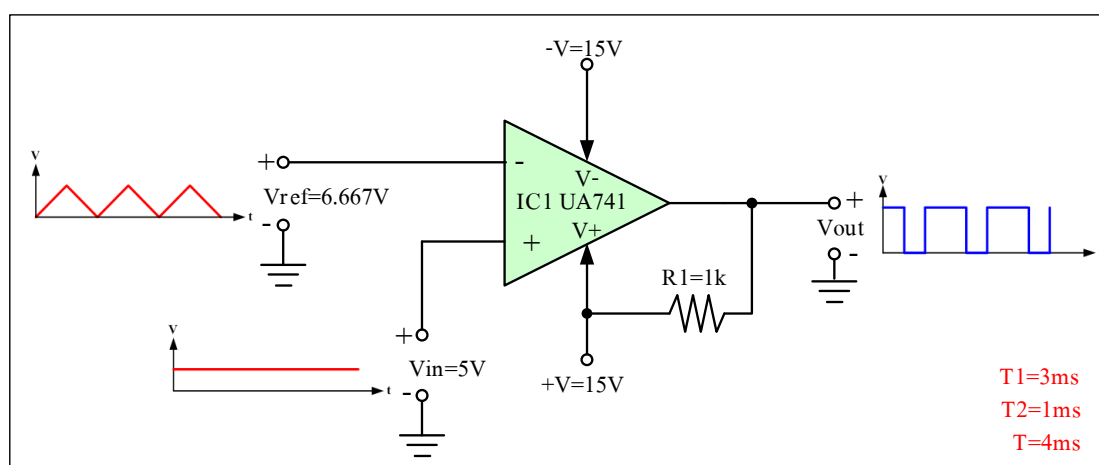
$$duty\ cycle = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}}\right)$$

$$V_{ref} = \left(\frac{V_{in}}{duty\ cycle}\right)$$

$$V_{ref} = \left(\frac{5V}{0.75}\right)$$

$$V_{ref} = 6.667V$$

ซึ่งจากค่าที่ได้ทำการคำนวณนั้นก็จะพบว่าถ้าเราต้องการให้ค่าช่วงเวลา ($T_1 = 3ms$) และค่าช่วงเวลา ($T_2 = 1ms$) หรือมีค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) มีค่าเท่ากับ 0.75 นั้น โดยการป้อนค่าแรงดัน (V_{in}) ที่มีค่าเท่ากับ 5V ให้กับวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นแล้ว เราจะต้องทำการป้อนค่าแรงดัน (V_{ref}) ที่มีค่าเท่ากับ 6.667V นั้นเองครับ เป็นอย่างไรบ้างครับ พอที่จะเข้าใจมากขึ้นไปอีกนะครับกับตัวอย่างการคำนวณเพื่อให้วงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นที่เราจะออกแบบนี้ให้ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตตามที่เรต้องการ ซึ่งลักษณะของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นที่ทำการออกแบบนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 6 นะครับ



รูปที่ 6 ลักษณะของวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นที่ได้ทำการออกแบบ

โดยจากผลการทดสอบวงจรก็พบว่าวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตชั่นที่ได้ทำการออกแบบนั้น ให้ผลตอบสนองออกมาตรงตามที่ต้องการครับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 7 นะครับ