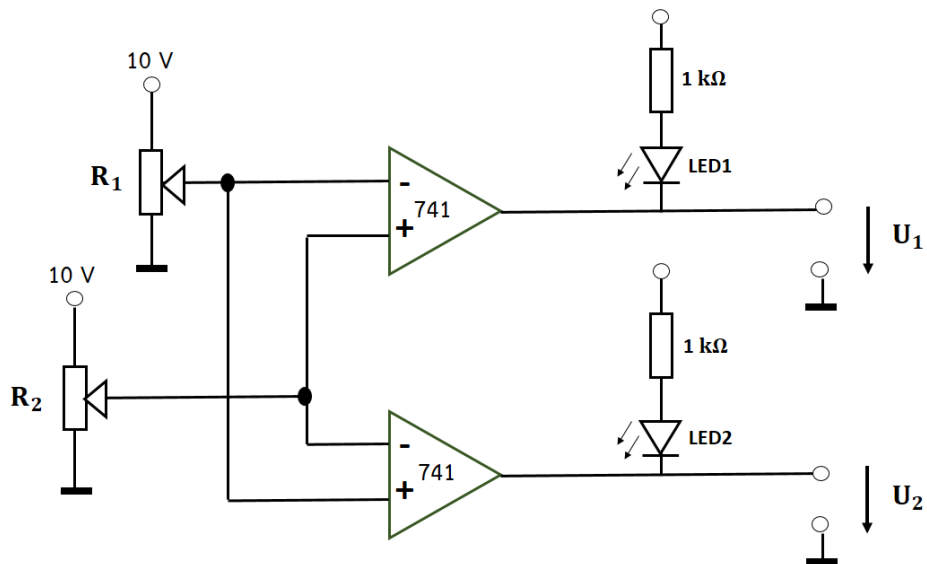


การทดลองครั้งที่ 2

วงจรที่ 1 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741



ภาพที่ 1 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741

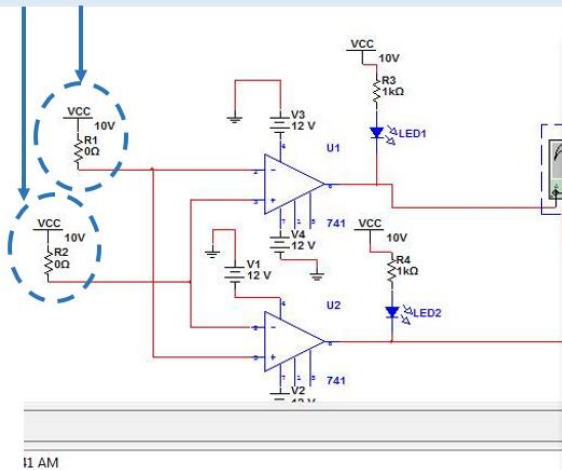
จากภาพที่ 1 เป็นการต่อวงจร โดยการจ่ายแรงดัน Input โดยผ่านความต้านทานปรับค่าได้ 2 ตัว เปรียบเสมือนวงจรแบ่งแรงดัน ก่อนจ่ายแรงดันให้ขาบวกและขาลบของ Op-Amp

โดย R_1 จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 2

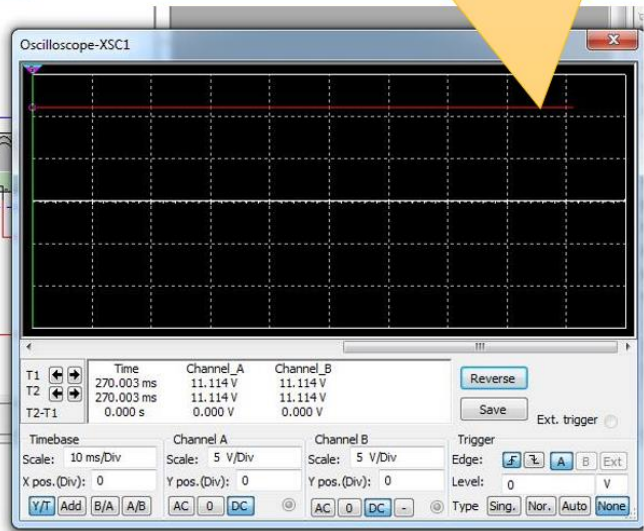
R_2 จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 2

ทำให้แรงดัน Output ของ Op-Amp แต่ละตัวมีการกลับเฟสกัน

แรงดันที่จ่ายให้แต่ละขาของ Op-Amp มีค่าเท่ากัน

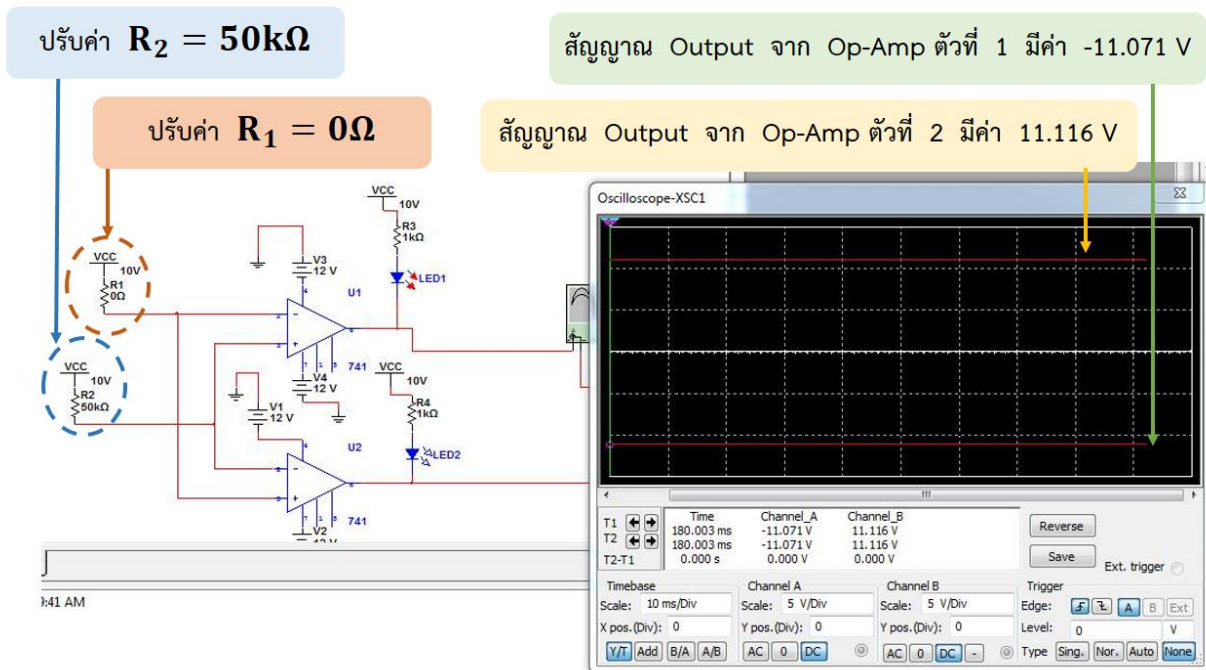


สัญญาณ Output จาก Op-Amp ตัวที่ 1 เท่ากับสัญญาณ Output จาก Op-Amp ตัวที่ 2 เนื่องจากแรงดันที่จ่ายให้แต่ละขาของ Op-Amp มีค่าเท่ากัน



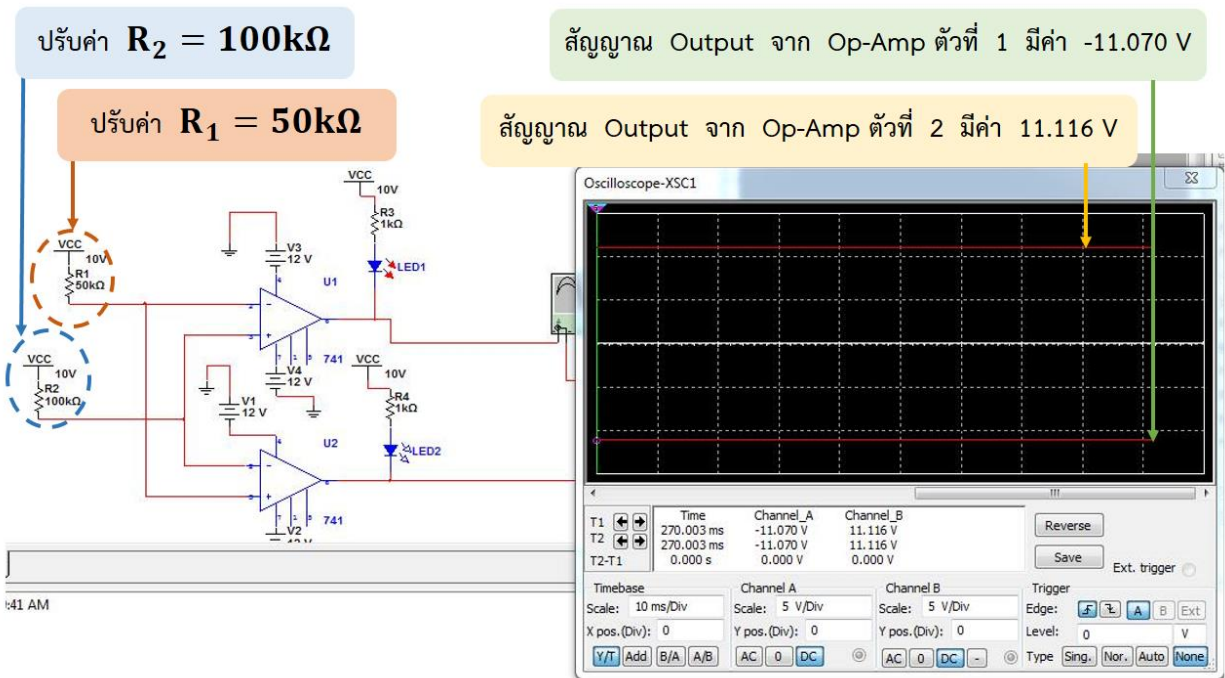
ภาพที่ 2 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 ในโปรแกรมมัลติซิม

จากภาพที่ 2 รูปคลื่นสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 1 เทียบกับสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 2 มีแรงดันเท่ากัน คือ 11.114 V เนื่องจากแรงดัน Input ที่จ่ายให้แต่ละขาของ Op-Amp แต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ดังนั้นแรงดัน Output จึงมีค่าเท่ากัน



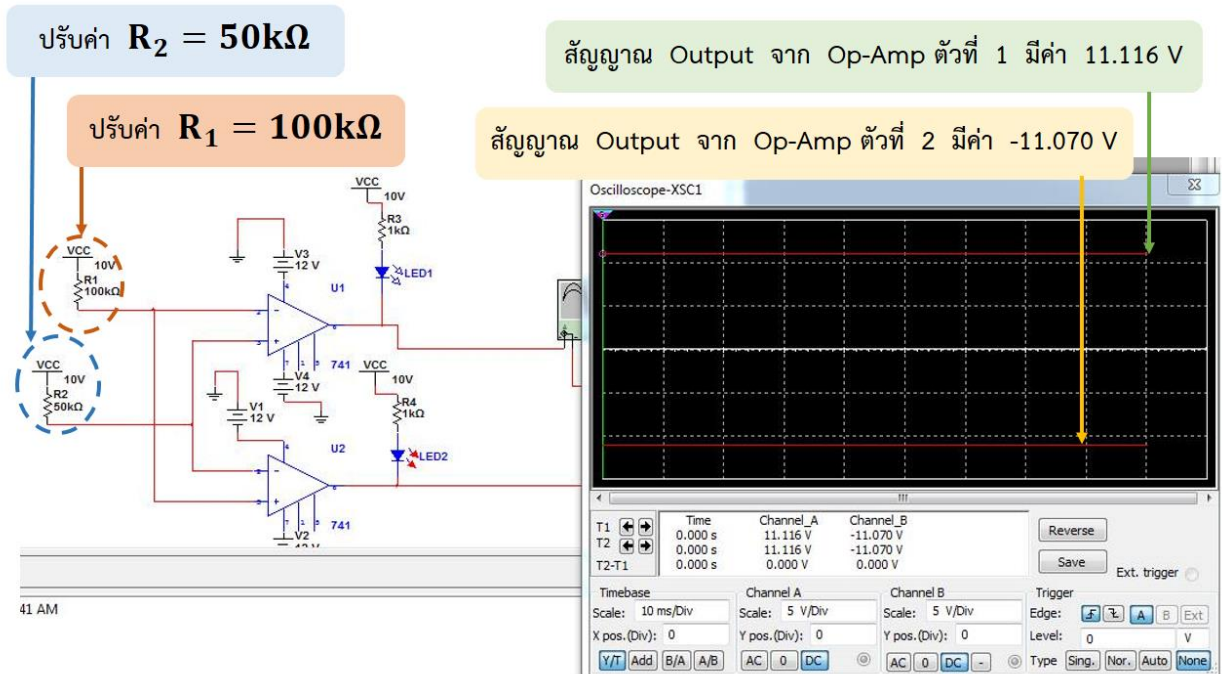
ภาพที่ 3 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 ในโปรแกรมมัลติซิม

จากภาพที่ 3 เราทำการปรับค่าความต้านทานที่ $R_1 = 0\Omega$ และ $R_2 = 50k\Omega$ ทำให้แรงดัน Input ที่ป้อนให้แต่ละขาของ Op-Amp มีค่าต่างกัน แรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ -11.071 V และแรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 2 เปรียบเสมือนแรงดันที่กลับเฟสของ Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ 11.116 V



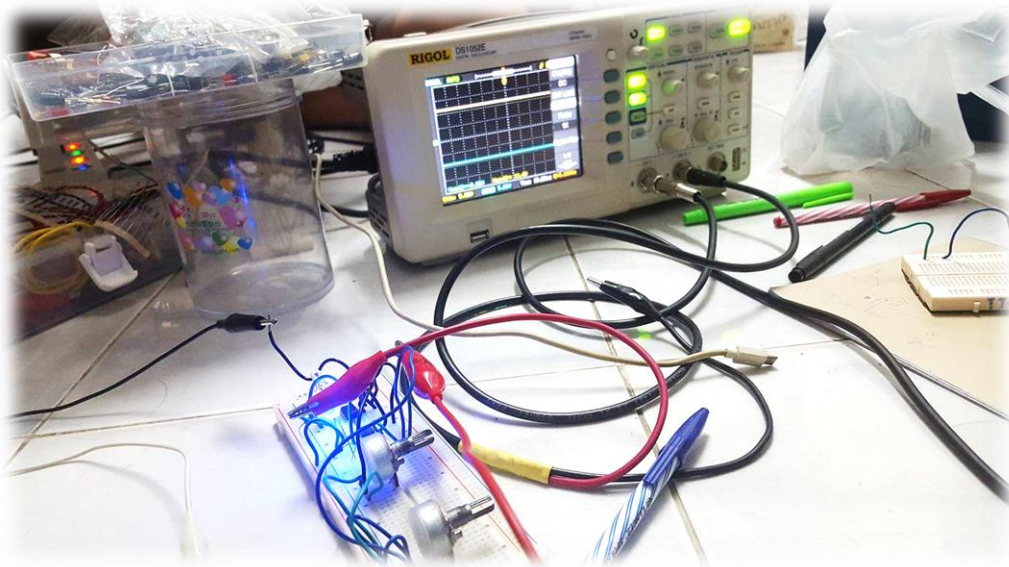
ภาพที่ 4 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 ในโปรแกรมมัลติซิม

จากภาพที่ 4 เราทำการปรับค่าความต้านทานที่ $R_1 = 50\text{ k}\Omega$ และ $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ ทำให้แรงดัน Input ที่ป้อนให้แต่ละขาของ Op-Amp มีค่าต่างกัน แรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ -11.070 V และแรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 2 เปรียบเสมือนแรงดันที่กลับเฟสของ Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ 11.116 V

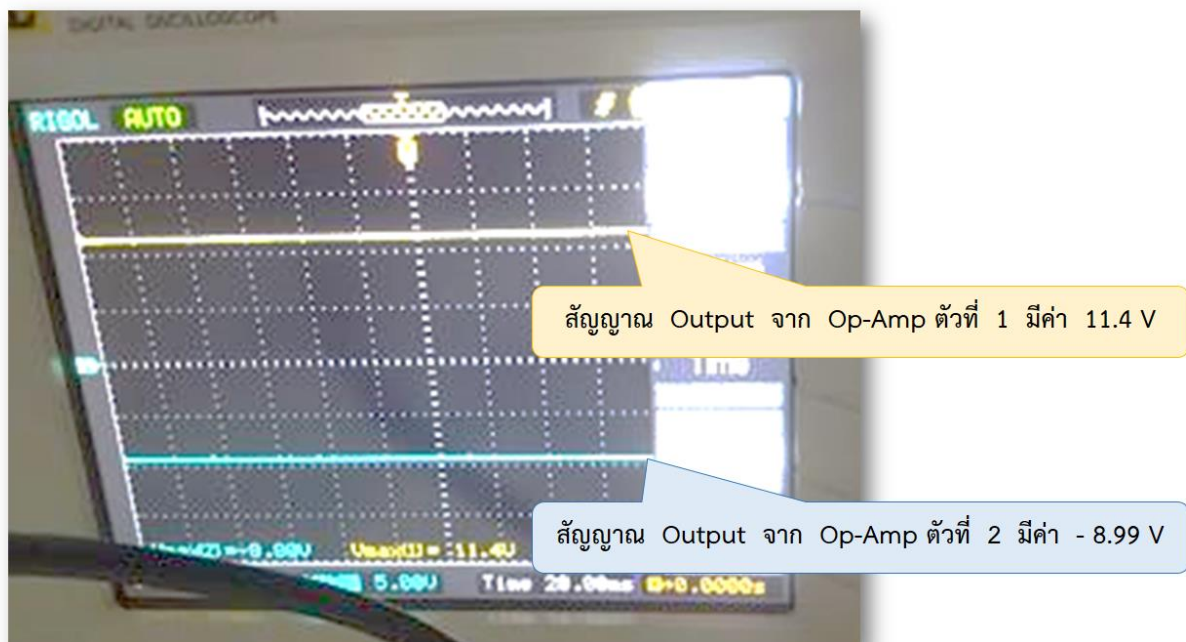


ภาพที่ 5 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 ในโปรแกรมมัลติซิม

จากภาพที่ 5 เราทำการปรับค่าความต้านทานที่ $R_1 = 100 k\Omega$ และ $R_2 = 50 k\Omega$ ทำให้แรงดัน Input ที่ป้อนให้แต่ละขาของ Op-Amp มีค่าต่างกัน แรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ 11.116 V และแรงดัน Output จาก Op-Amp ตัวที่ 2 เปรียบเสมือนแรงดันที่กลับเฟสของ Op-Amp ตัวที่ 1 จึงมีค่าเท่ากับ -11.070 V

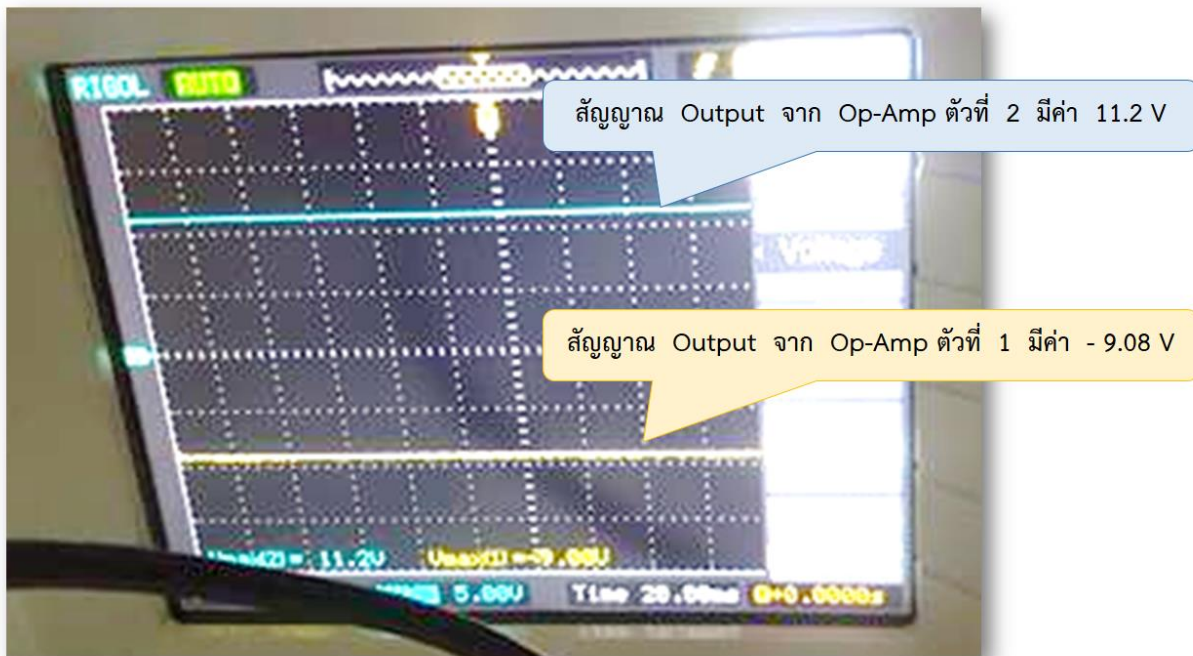


ภาพที่ 6 การต่อวงจร Protoboard



ภาพที่ 7 รูปคลื่นสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 1 เทียบกับสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 2 จากการต่อวงจร Protoboard

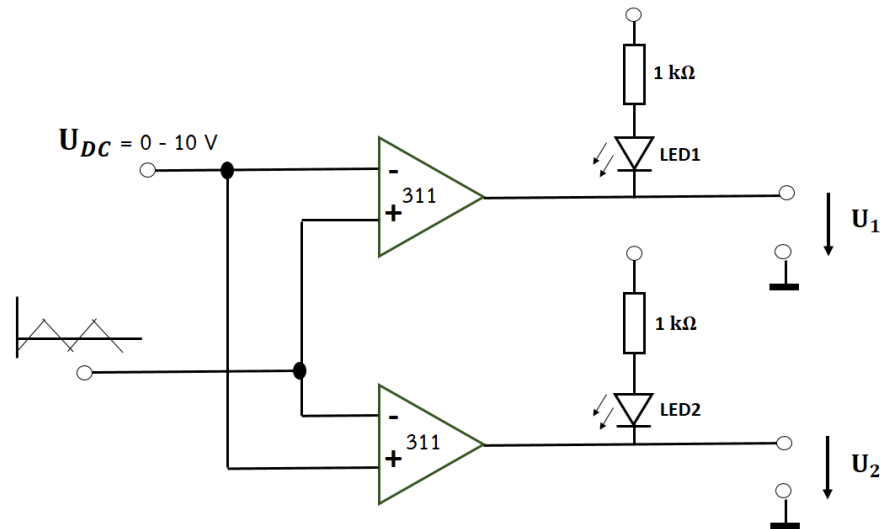
จากภาพที่ 7 จะเห็นว่า แรงดัน Output จาก Op-amp ตัวที่ 1 มีค่าเป็นบวก (11.4 V) แรงดัน Output จาก Op-amp ตัวที่ 2 มีค่าเป็นลบ (- 8.99 V) เนื่องจากมีการปรับค่าความต้านทานให้ R_1 มีค่าความต้านทานมากกว่า R_2



ภาพที่ 8 รูปคลื่นสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 1 เทียบกับสัญญาณ Output จาก Op-amp ตัวที่ 2 จากการต่อวงจรลง Protoboard

จากภาพที่ 8 จะเห็นว่า แรงดัน Output จาก Op-amp ตัวที่ 1 มีค่าเป็นลบ (-9.08 V) แรงดัน Output จาก Op-amp ตัวที่ 2 มีค่าเป็นบวก (11.2 V) เนื่องจากมีการปรับค่าความต้านทานให้ R_2 มีค่าความต้านทานมากกว่า R_1

วงจรที่ 2 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM311

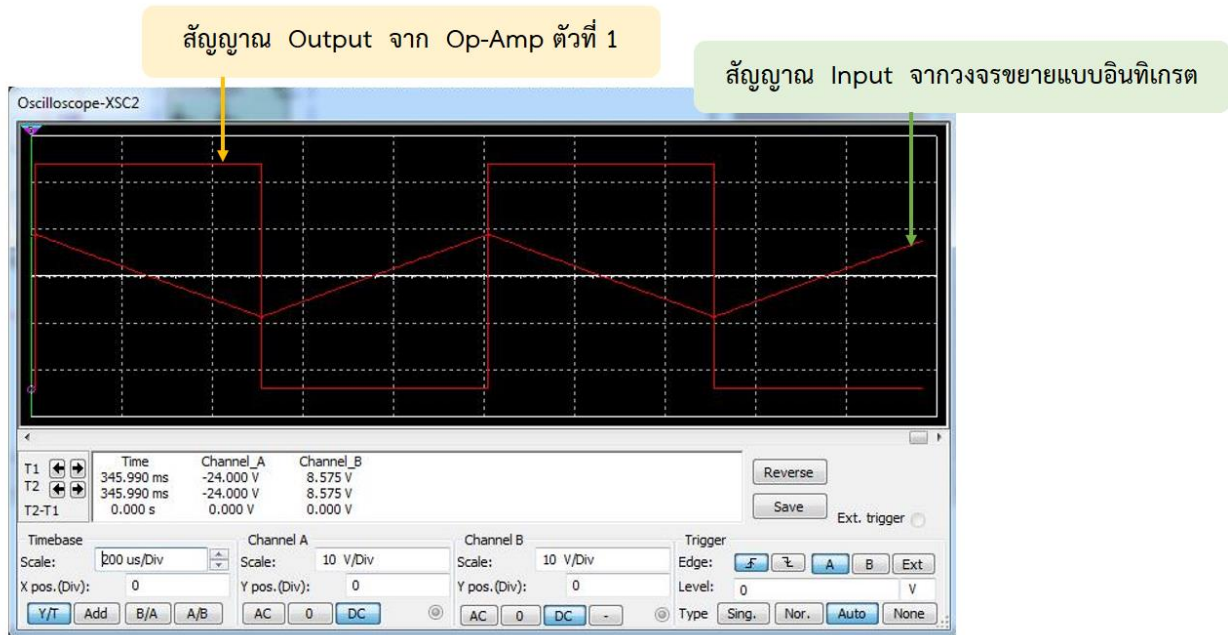


ภาพที่ 9 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM311

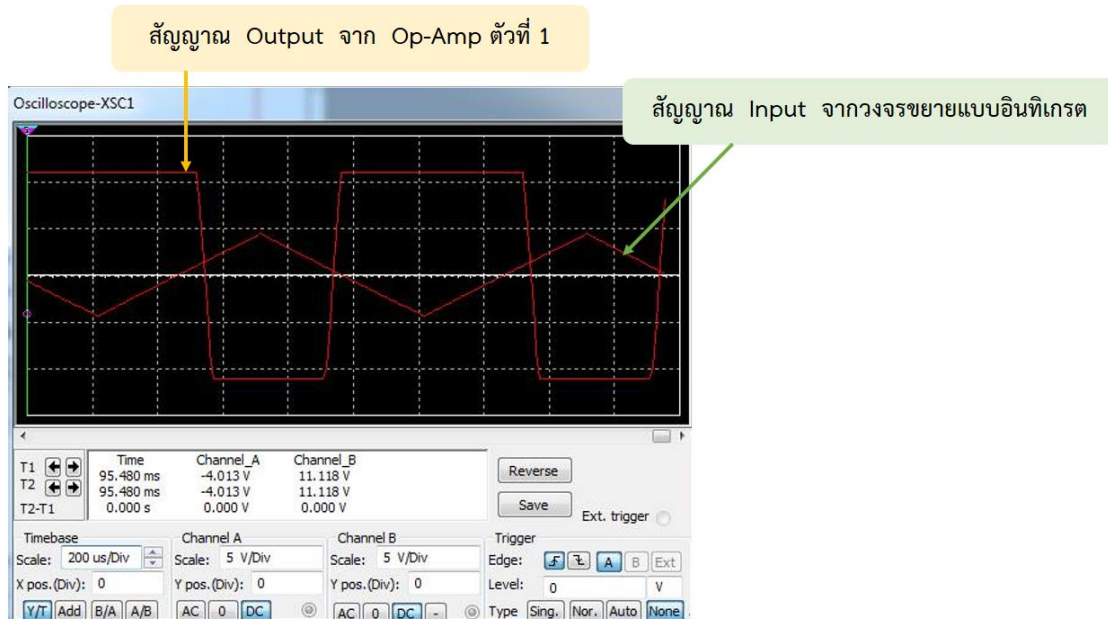
จากภาพที่ 9 เป็นการต่อวงจรวงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM311 จะคล้ายกับวงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 แต่การจ่ายแรงดัน Input ให้ขาบวกและขาลบของ Op-Amp มี 2 รูปแบบ คือ การจ่ายแรงดัน Input แบบแบ่งแรงดัน ($0 - 10\text{ V}_{DC}$) และการจ่ายแรงดันผ่านวงจรอินทิเกรตโดย

- แบบแบ่งแรงดัน ($0 - 10\text{ V}_{DC}$) จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 2
- แบบวงจรอินทิเกรต จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 2

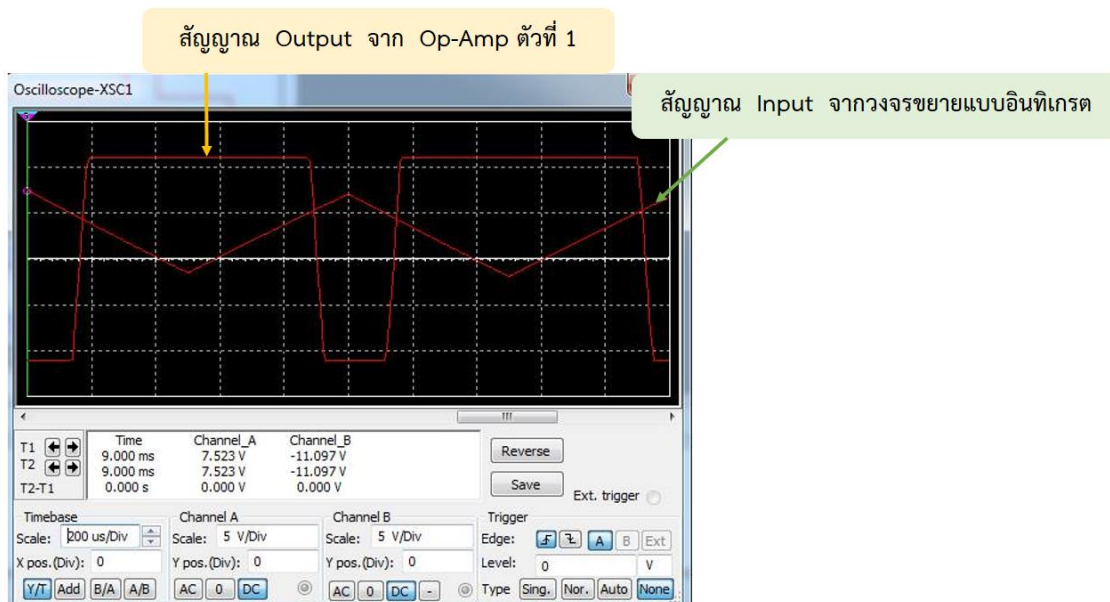
ซึ่งเมื่อปรับแรงดัน Input ที่ความต้านทานปรับค่าได้จะเปรียบเสมือนการปรับค่า duty cycle ของ PWM ทำให้แรงดัน Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 จะขยายแบบไม่กลับเฟส และแรงดัน Output ของ Op-Amp ตัวที่ 2 จะขยายแบบกลับเฟส



ภาพที่ 10 รูปคลื่นสัญญาณ Input จากวงจรอินทิเกรตเทียบกับสัญญาณ Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 โดยใช้โปรแกรมมัลติซิม

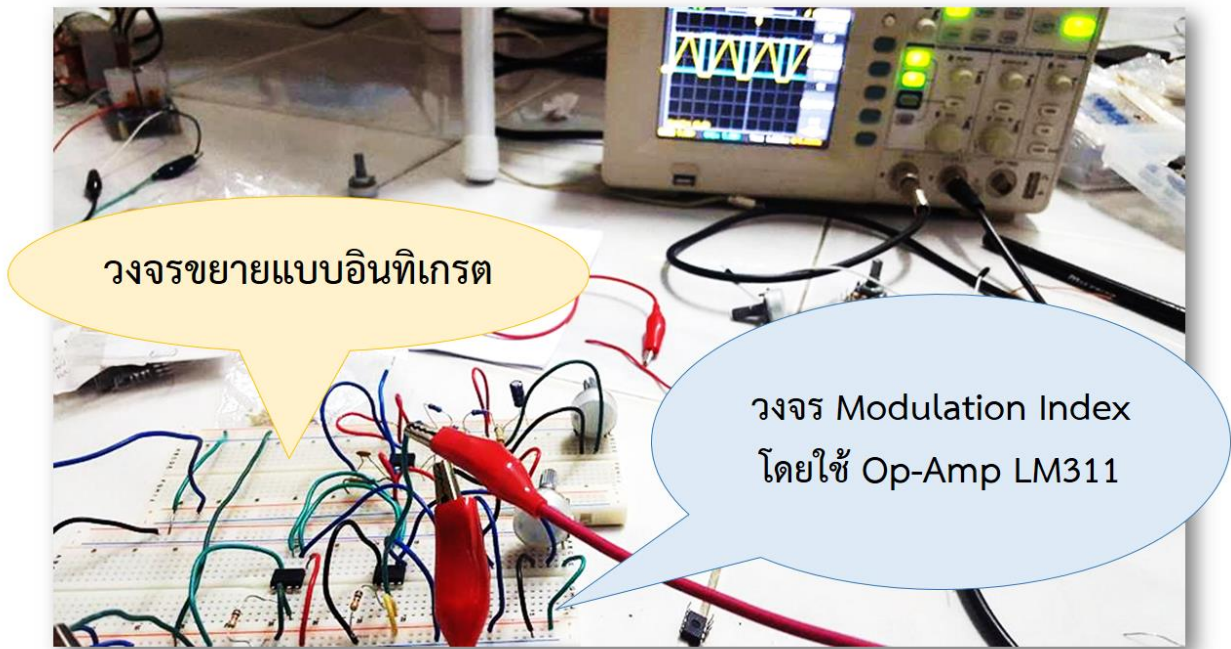


ภาพที่ 11ก

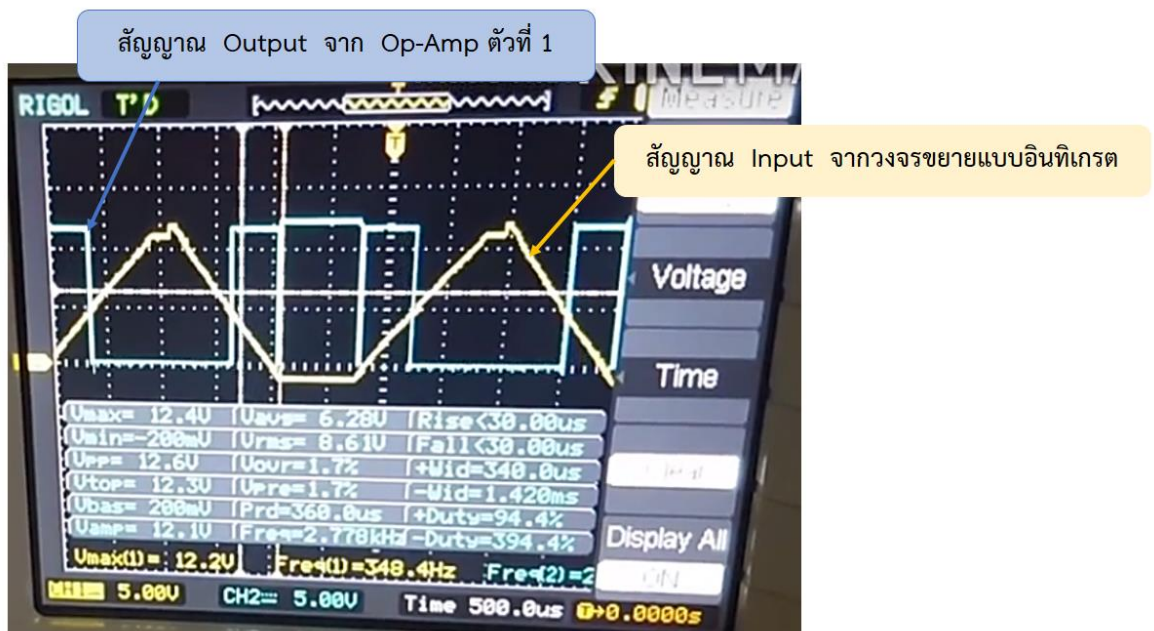


ภาพที่ 11ข

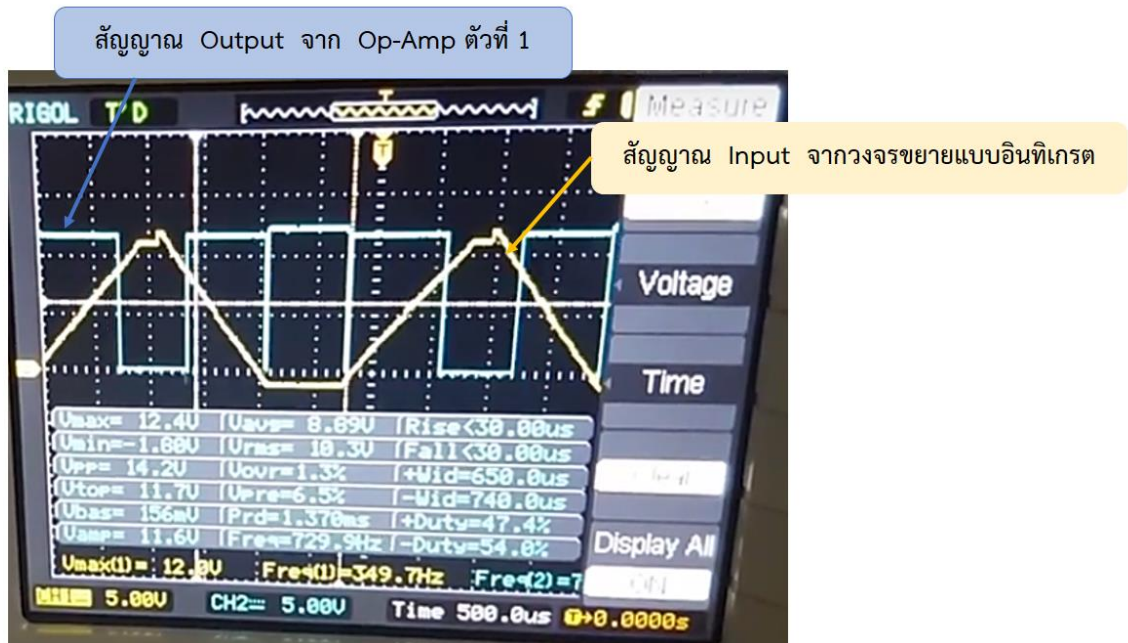
ภาพที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณ Input จากวงจรอินทิเกรตเทียบกับสัญญาณ Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 เมื่อปรับค่าความถี่โดยใช้โปรแกรมมัลติซิม



ภาพที่ 12 การต่อวงจรลง Protoboard



ภาพที่ 13ก

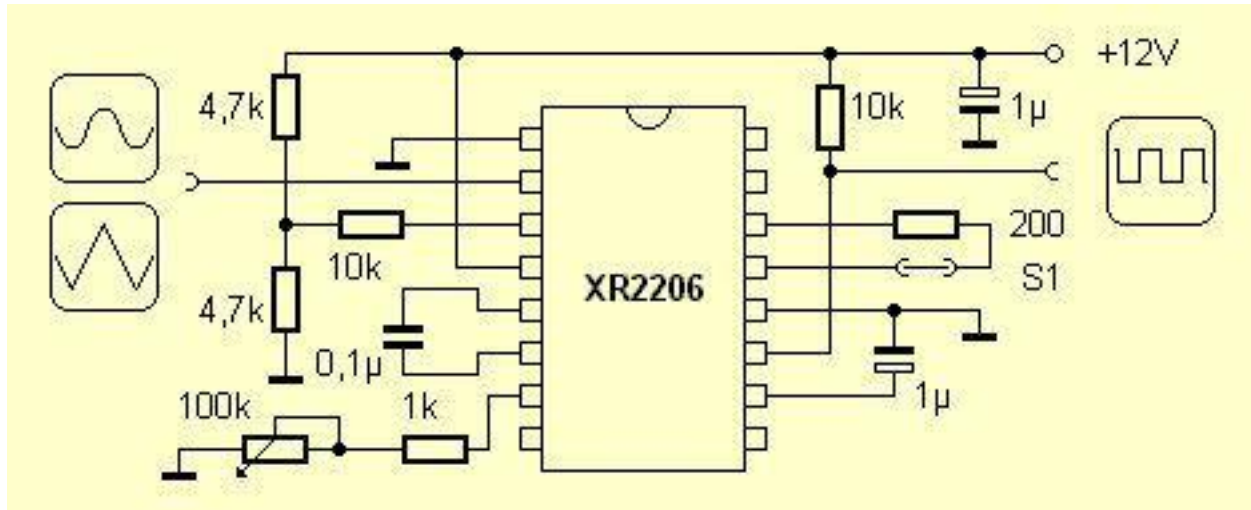


ภาพที่ 13ข

ภาพที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณ Input จากวงจรอินทิเกรตเทียบกับสัญญาณ Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 เมื่อปรับค่าความถี่จากการต่อวงจรลง Protoboard

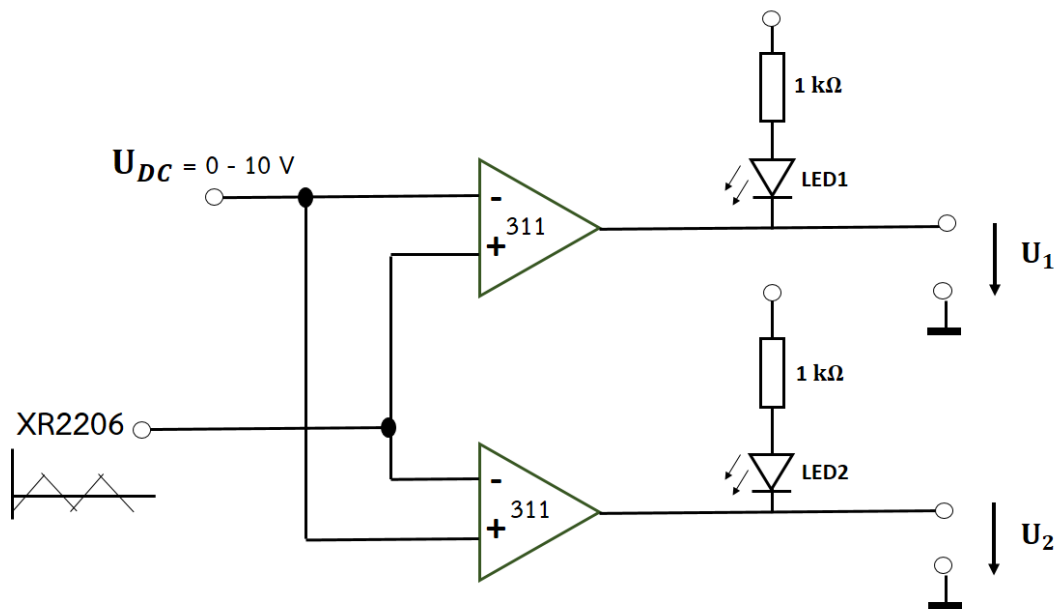
วงจรที่ 3 วงจร Modulation Index

โดยใช้ XR2206 สร้างสัญญาณ Input



ภาพที่ 14 วงจรสร้างสัญญาณ ด้วยไอซีสำเร็จรูป XR2206

วงจรสร้างสัญญาณ เป็นวงจรที่มีความสามารถในการกำเนิดสัญญาณไซน์ (Sine) สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle) สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square) และสัญญาณแรมพ์ (Ramp) ได้ และสามารถปรับความถี่ได้ 1Hz – 10 KHz



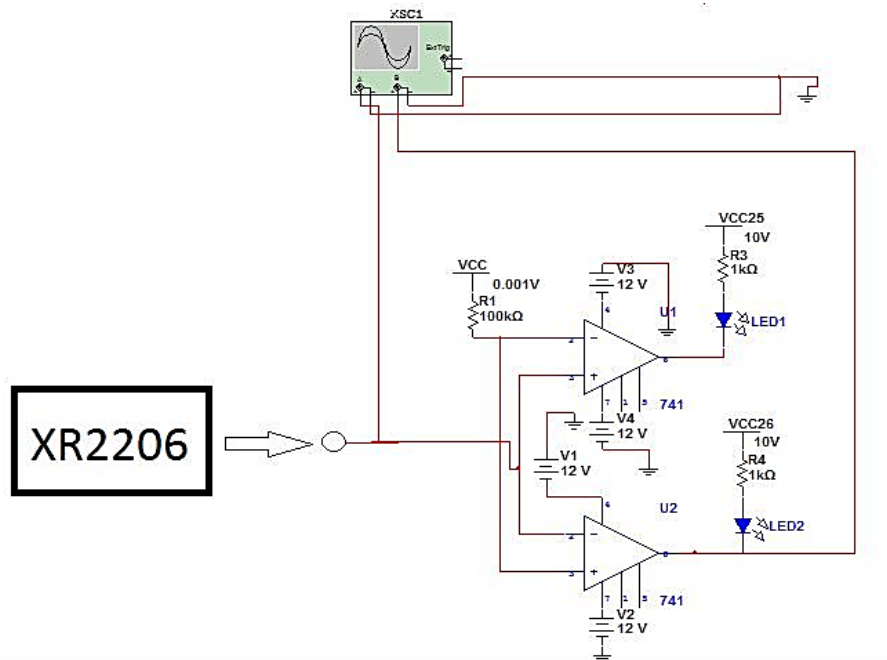
ภาพที่ 15 วงจร Modulation Index โดยใช้ XR2206 สร้างสัญญาณ Input

จากภาพที่ 15 เป็นการต่อวงจรวงจร Modulation Index โดยใช้ XR2206 สร้างสัญญาณ Input จะคล้ายกับวงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM311 แต่การจ่ายแรงดัน Input ให้ขาบวกและขาลบของ Op-Amp มี 2 รูปแบบ คือ การจ่ายแรงดัน Input แบบแบ่งแรงดัน ($0 - 10 V_{dc}$) และการจ่ายแรงดัน Input ผ่านวงจร XR2206

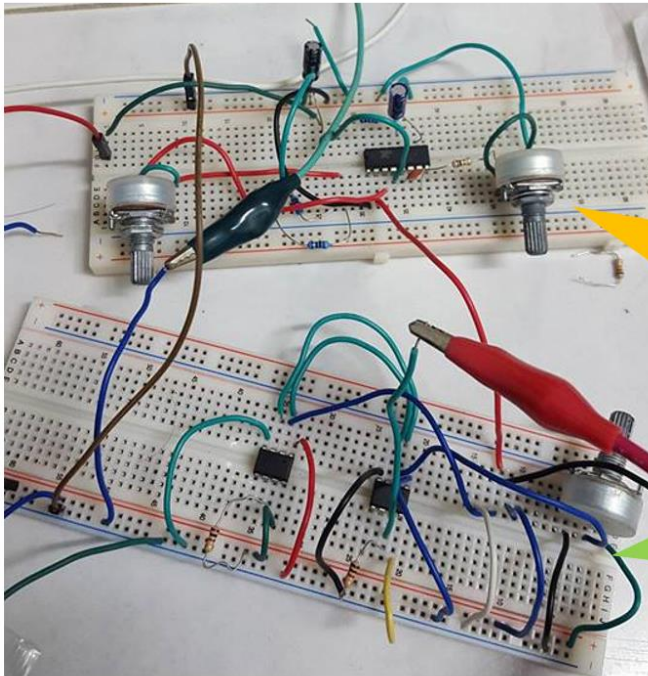
- แบบแบ่งแรงดัน ($0 - 10 V_{dc}$) จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 2

- แบบวงจร XR2206 จ่ายเข้าขาบวก Op-Amp ตัวที่ 1 และ จ่ายเข้าขาลบ Op-Amp ตัวที่ 2

ซึ่งเมื่อปรับแรงดัน Input ที่ความต้านทานปรับค่าได้จะเปรียบเสมือนการปรับค่า duty cycle ของ PWM ทำให้แรงดัน Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 จะขยายแบบไม่กลับเฟส และแรงดัน Output ของ Op-Amp ตัวที่ 2 จะขยายแบบกลับเฟส



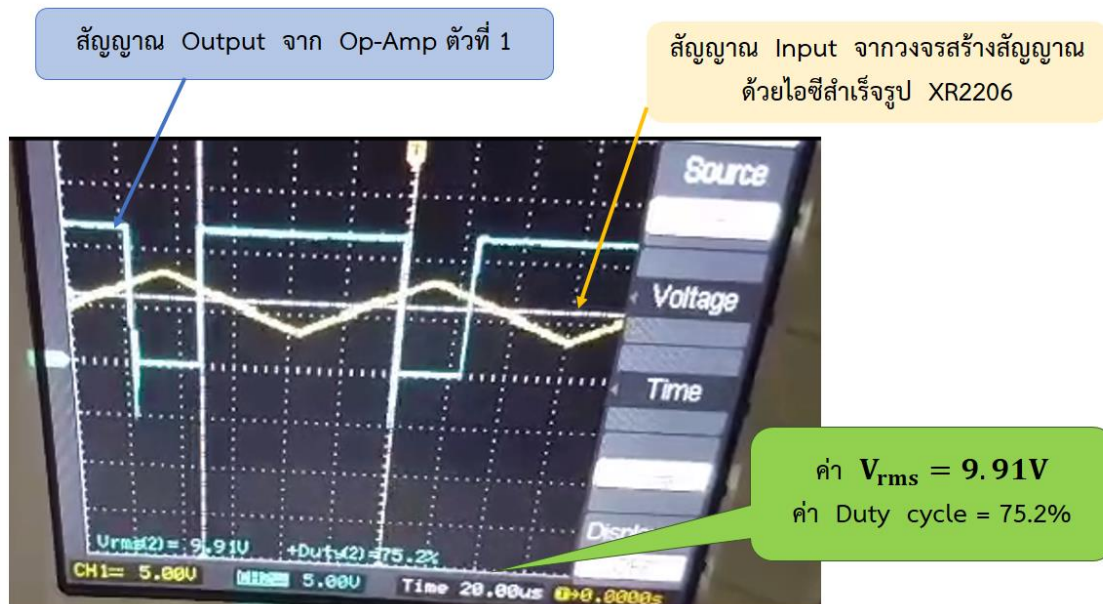
ภาพที่ 16 วงจร Modulation Index โดยใช้ Op-Amp LM741 ในโปรแกรมมัลติซิม



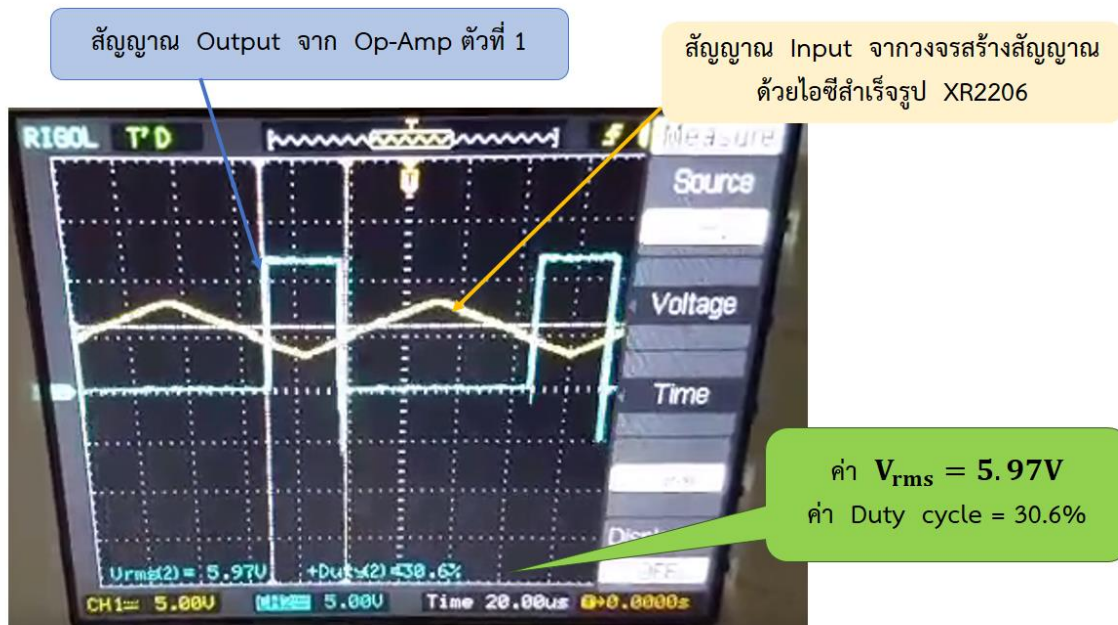
วงจรสร้างสัญญาณ ด้วย
ไอซีสำเร็จรูป XR2206

วงจร Modulation Index
โดยใช้ Op-Amp LM741

ภาพที่ 17 การต่อวงจรลง Protoboard



ภาพที่ 18ก



ภาพที่ 18ข

ภาพที่ 18 รูปคลื่นสัญญาณ Input จากวงจรสร้างสัญญาณ ด้วยไอซีสำเร็จรูป XR2206 เทียบกับสัญญาณ Output ของ Op-Amp ตัวที่ 1 เมื่อปรับค่าความถี่จากการต่อวงจรลง Protoboard