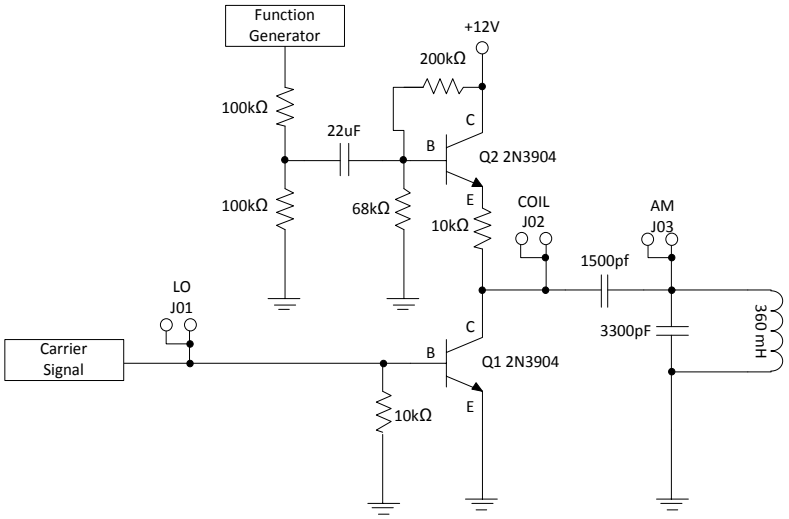
บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดสอบ

ในการทดสอบการดำเนินโครงการ ทำโดยการทดลองด้วยวงจรที่ได้สร้างขึ้นจำนวน 7 วงจร คือ การกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร, การกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสารแบบสมดุล, การกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร, การกล้ำสัญญาณเชิงความถี่, การกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่, การกล้ำสัญญาณแบบพัลส์, การรวมสัญญาณ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละการทดลองได้แสดงในเอกสารคู่มือ โดยสรุปแสดงแต่ละการทดลองตามลำดับดังนี้

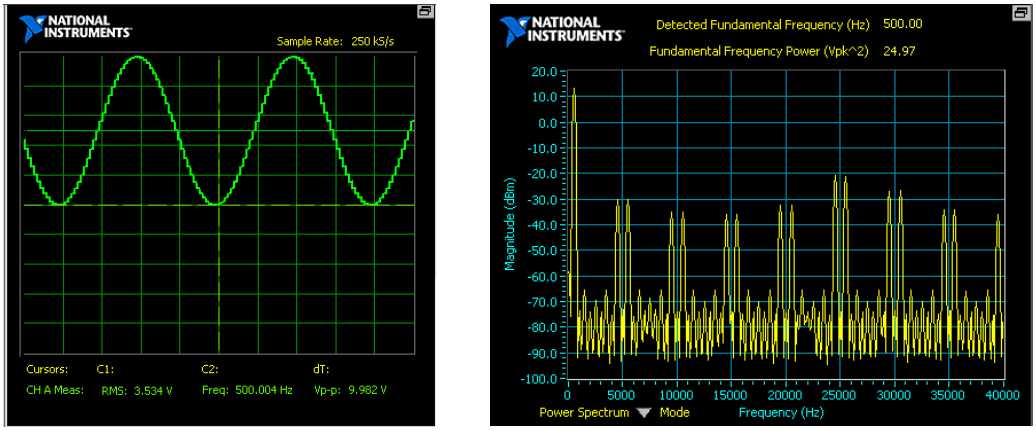
4.1 การกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร (Amplitude Modulator) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลวงจรผสมคลื่นทางความถี่ และคำนวณหาค่าอัตราร้อยละของการกล้ำสัญญาณจากสัญญาณพาห์ที่ถูกกล้ำสัญญาณ ในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสารบนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.1 จากนั้นป้อนสัญญาณพาห์ (Carrier) และสัญญาณข่าวสารไปยังวงจรสัญญาณเชิงข่าวสาร โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมให้เปรียบเทียบผลดที่ได้กับการวิเคราะห์วงจร คำนวณอัตราร้อยละการกล้ำของสัญญาณพาห์ที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของวงจรการทดลอง การปรับขนาดและความถี่ของสัญญาณข่าวสารอาจทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจบางประการ



ภาพที่ 4.1 วงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงทั้งโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ดังภาพที่ 4.2 - 4.5 โดยรูปสัญญาณข่าวสารแสดงในภาพที่ 4.2



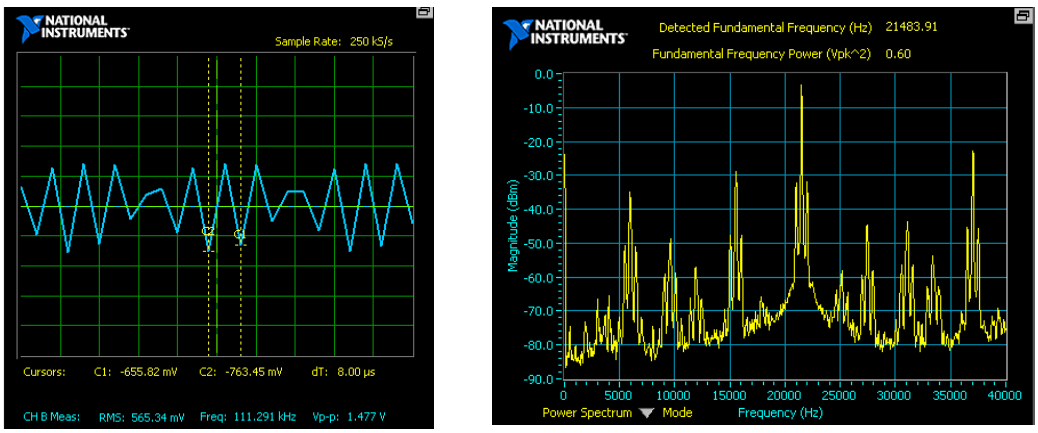
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 แสดงสัญญาณคลื่นไซน์ความถี่ 500 Hz

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

สำหรับสัญญาณคลื่นพาห์แสดงดังภาพที่ 4.3



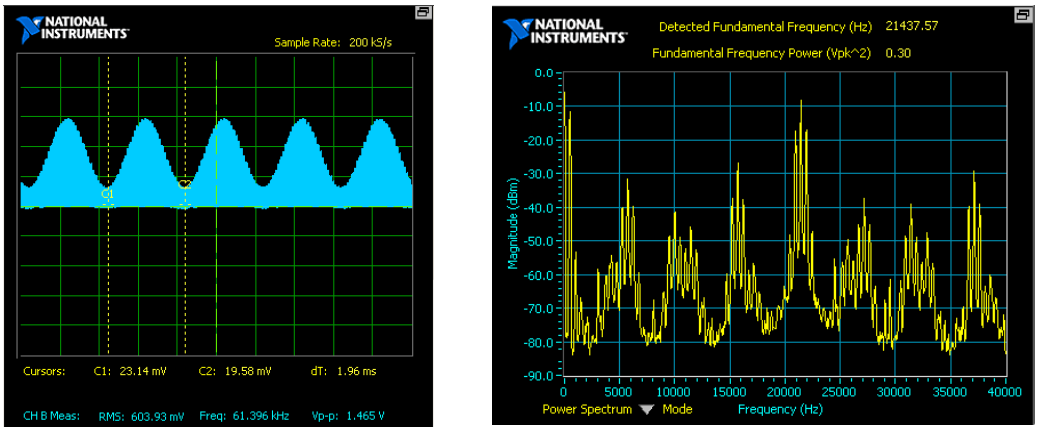
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.3 สัญญาณคลื่นพาห์

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

เมื่อทำการกล้ำสัญญาณจะได้สัญญาณดังภาพที่ 4.4 - 4.5

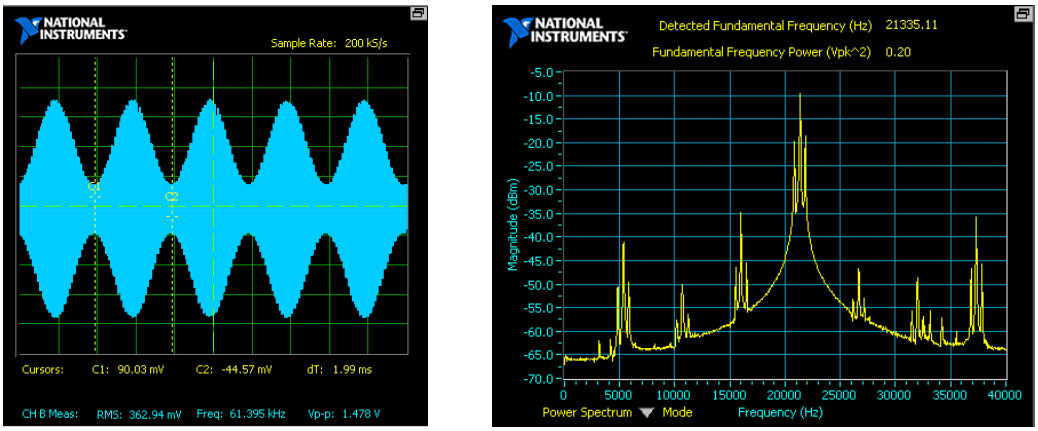


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.4 สัญญาณหลังการกล้ำสัญญาณที่จุดวัด J02 (COILL)

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่



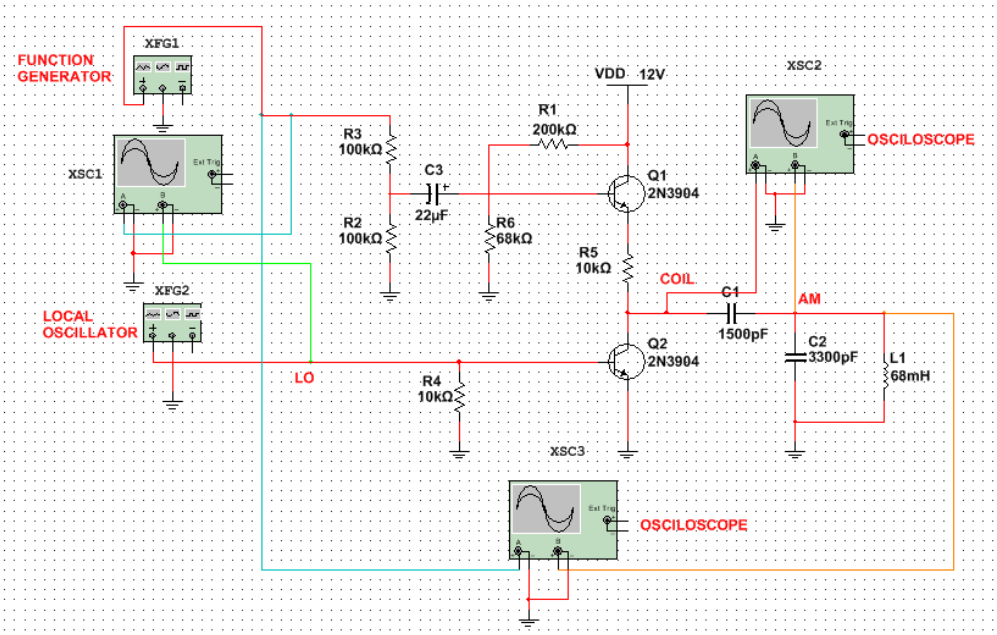
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.5 การกล้ำสัญญาณและปรับการคัปปลิ้งในโหมด DC ที่จุดวัด J03 (AM)

(ก) โดเมนเวลา

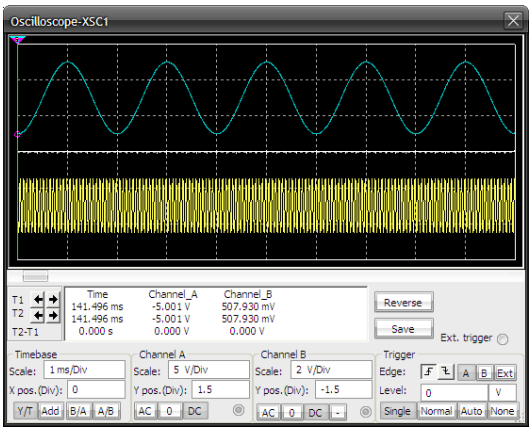
(ข) โดเมนความถี่

ในส่วนนี้ เป็นการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสารบนโปรแกรม NI Multisim เพื่อกำหนดสัญญาณพาห์ (Carrier) และสัญญาณที่ถูกพาห์ไป (Amplitude Modulator) โดยสร้างวงจรจำลองการวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร บนโปรแกรม NI Multisim ดังในภาพที่ 4.6



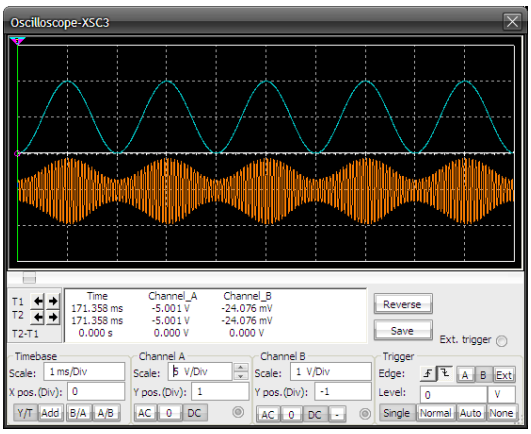
ภาพที่ 4.6 วงจรการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร

ผลที่ได้จากการสร้างสัญญาณถูกบันทึก ลงในภาพที่ 4.7 โดยให้สัญญาณข่าวสาร ไว้ด้านบน และสัญญาณคลื่นพาห์ไว้ด้านล่าง



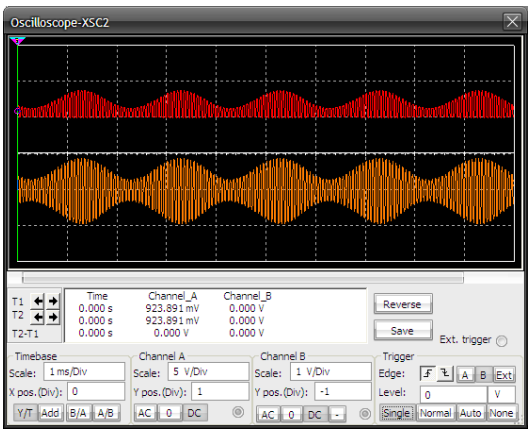
ภาพที่ 4.7 สัญญาณข่าวสารและคลื่นพาห์

ในส่วนของการมอดูเลตได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4.8 และ 4.9 โดยทำการบันทึกรูปสัญญาณข่าวสาร ไว้ด้านบนและสัญญาณ AM ไว้ด้านล่าง



ภาพที่ 4.8 สัญญาณข่าวสารและสัญญาณ AM

ทำการบันทึกสัญญาณขั้วคอลเลกเตอร์ (Collector Circuit) ไว้ด้านบนและสัญญาณ AM ไว้ด้านล่าง ลงในภาพที่ 4.9

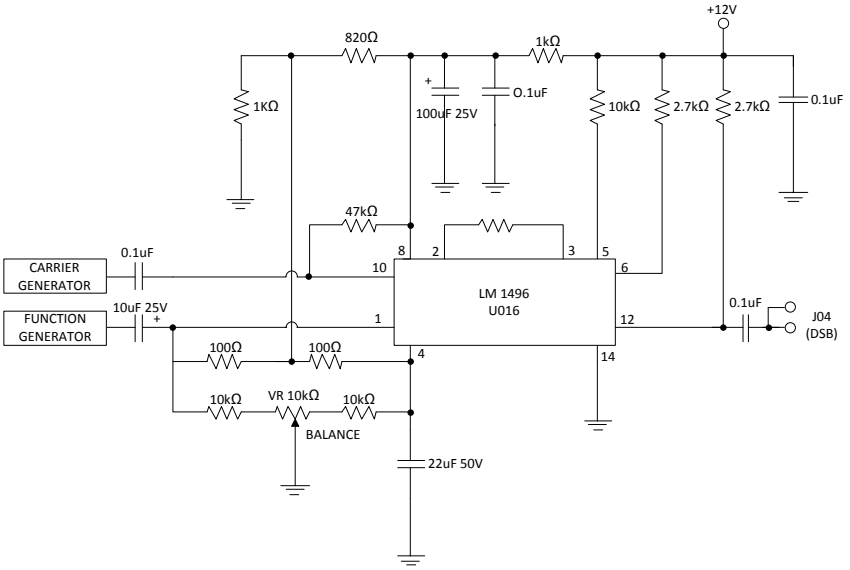


ภาพที่ 4.9 สัญญาณขั้วคอลเลกเตอร์และสัญญาณ AM

4.2 การกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล

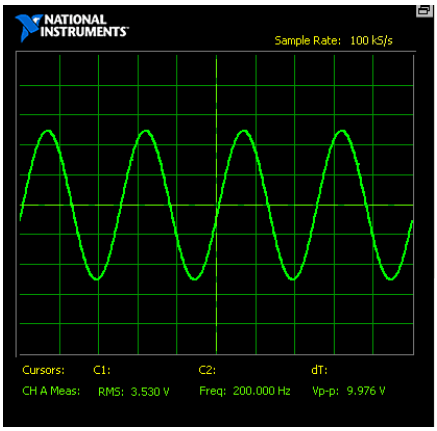
มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล (AM Balance Modulator) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลวงจรผสมคลื่น และคำนวณหาค่าอัตราร้อยละของการกล้ำสัญญาณ โดยในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุลบนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.10 จากนั้นป้อนสัญญาณพาห์ และสัญญาณข่าวสารไปยังวงจรกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร

พร้อมให้เปรียบเทียบผลที่ได้กับการวิเคราะห์วงจร คำนวณอัตราร้อยละการกล้ำของสัญญาณพาห์ ที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของวงจรการทดลอง การปรับขนาดและความถี่ของสัญญาณข่าวสารอาจทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจบางประการ

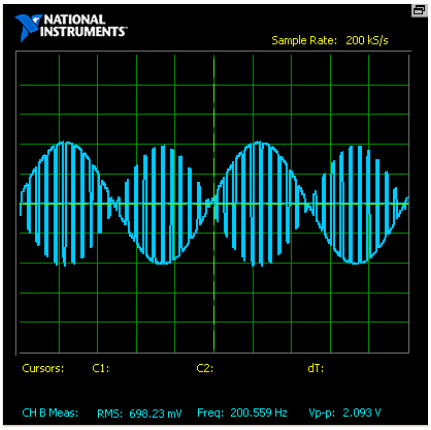


ภาพที่ 4.10 วงจรการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล

ทำการวัดสัญญาณข่าวสาร โดยนำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 ต่อเข้าฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ โดยแสดงสัญญาณครึ่งบน ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น AC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณที่เกิดขึ้นในภาพที่ 4.11 และการกล้ำสัญญาณ DSB แสดงดังภาพที่ 4.12

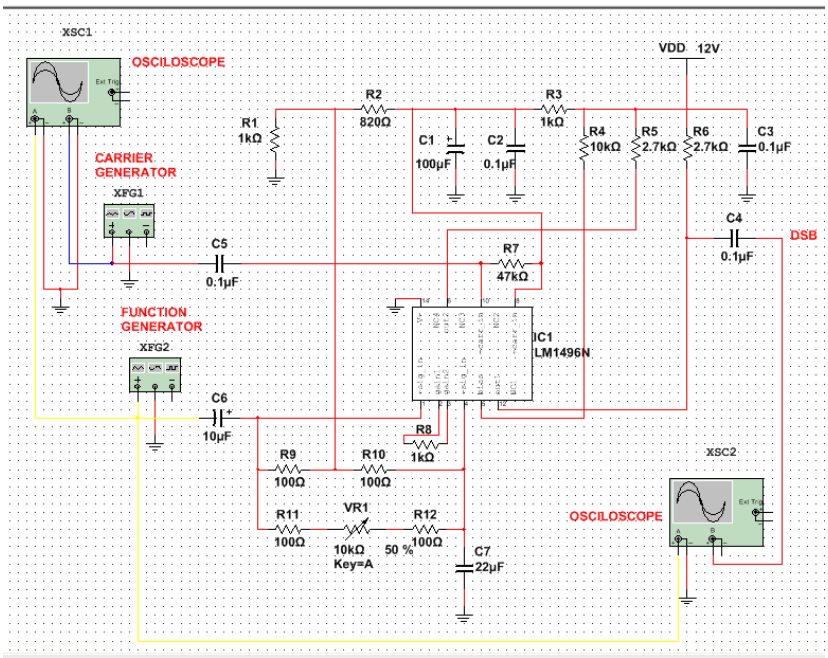


ภาพที่ 4.11 สัญญาณข่าวสาร

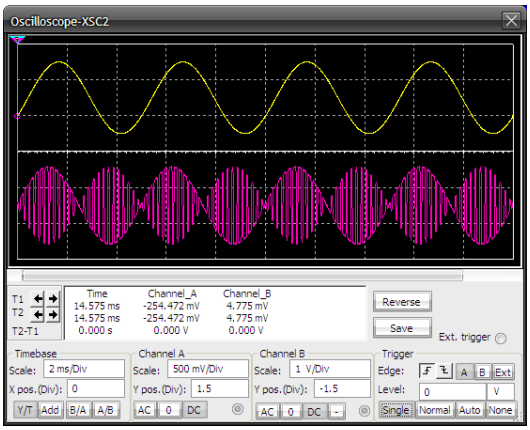


ภาพที่ 4.12 การกล้ำสัญญาณ DSB

ในส่วนนี้ เป็นการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุลบนโปรแกรม NI Multisim เพื่อกำหนดสัญญาณพาห์ และสัญญาณที่ถูกพาห์ไป โดยทำการสร้างวงจรจำลองการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล บนโปรแกรม NI Multisim ดังในภาพที่ 4.13 และผลการกล้ำสัญญาณดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.13 วงจรการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดแบบสมดุล

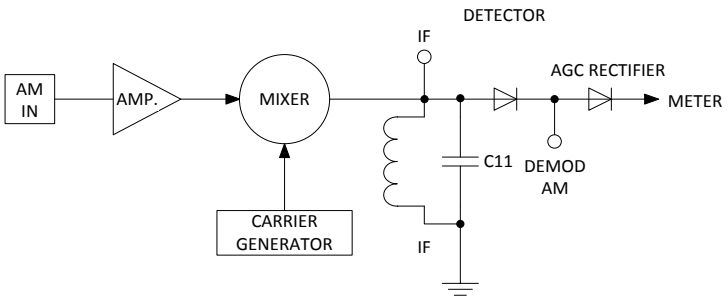


ภาพที่ 4.14 การกล้ำสัญญาณ DSB

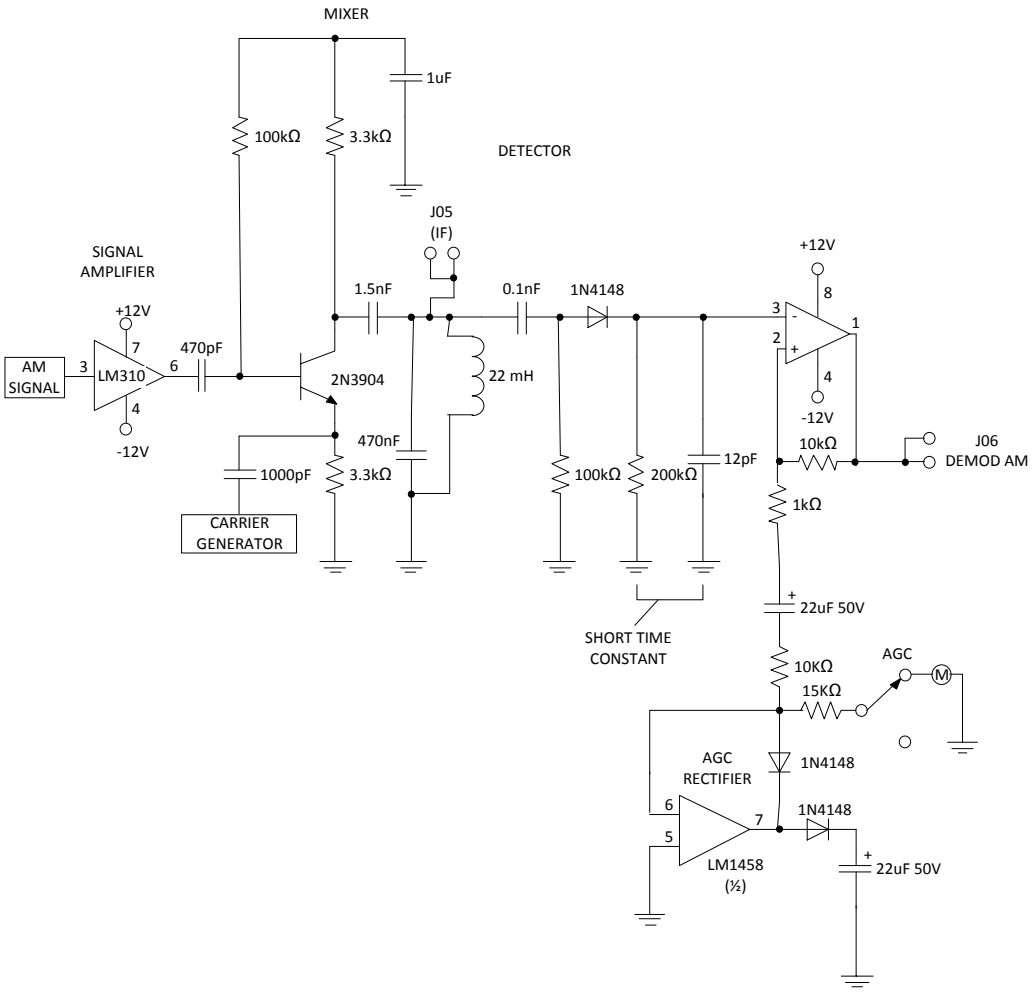
ผลที่ได้จากการทดลองด้วยโปรแกรม NI Multisim มีความสอดคล้องกับการทดลองด้วยการต่อวงจรแต่จะแตกต่างกันในส่วนของการปรับค่าออสซิลโลสโคป ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ หรือสัญญาณคลื่นพาห์ อันเนื่องมากจากค่าความเสถียรของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองจริงกับการทดลองด้วยโปรแกรมต่างกัน จึงทำให้มีค่าคลาดเคลื่อนกันอยู่บ้าง

4.3 การกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงขนาด (Amplitude Demodulation) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลวงจรการปรับอัตราการขยายสัญญาณอัตโนมัติ (AGC) ในการทดลองนี้จะใช้วงจรการกู้คืนหรือเครื่องรับสัญญาณวิทยุ AM ซึ่งเมื่อต่อวงจรแล้วจะสามารถเปรียบเทียบสิ่งที่ได้จากการผลการวัด กับการคาดหมายของจากผลการวิเคราะห์ โดยวงจรการสร้างสัญญาณ AM สร้างวงจรที่ได้เคยทดลองแล้วในใบงานการทดลองที่ 1

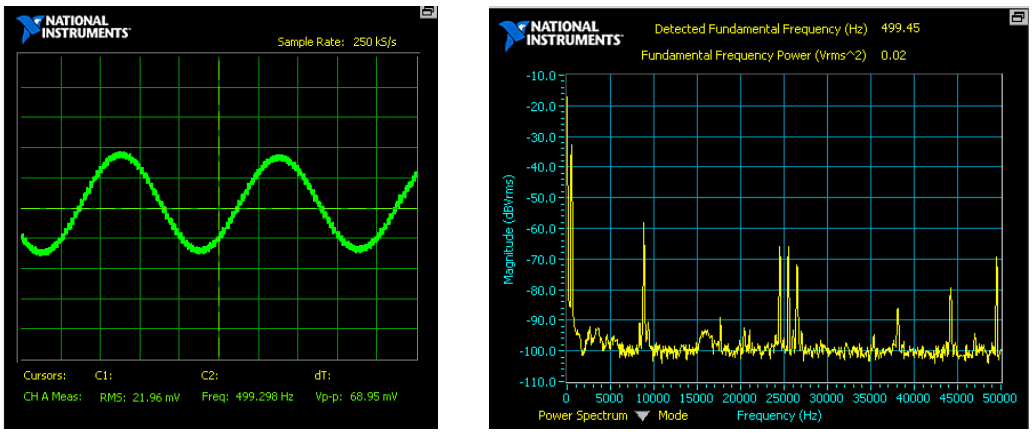


ภาพที่ 4.15 วงจรกู้คืนสัญญาณ AM



ภาพที่ 4.16 วงจรการกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงข่าวสาร

ทำการต่อวงจรใบงานการทดลองที่ 1 (ภาพที่ 4.1) เพื่อป้อนสัญญาณ AM กันเข้ากับวงจรใบงานที่ 3 (ภาพที่ 4.16) ปรับค่าความถี่สัญญาณข่าวสาร บนตัวอุปกรณ์ NI ELVIS ไปที่ 500 Hz ปรับความถี่คลื่นพาห์ ไปที่ 23 kHz นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 ต่อเข้าฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ โดยแสดงสัญญาณครึ่งบน ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น AC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณการกู้คืนดังภาพที่ 4.17



(ก) (ข)

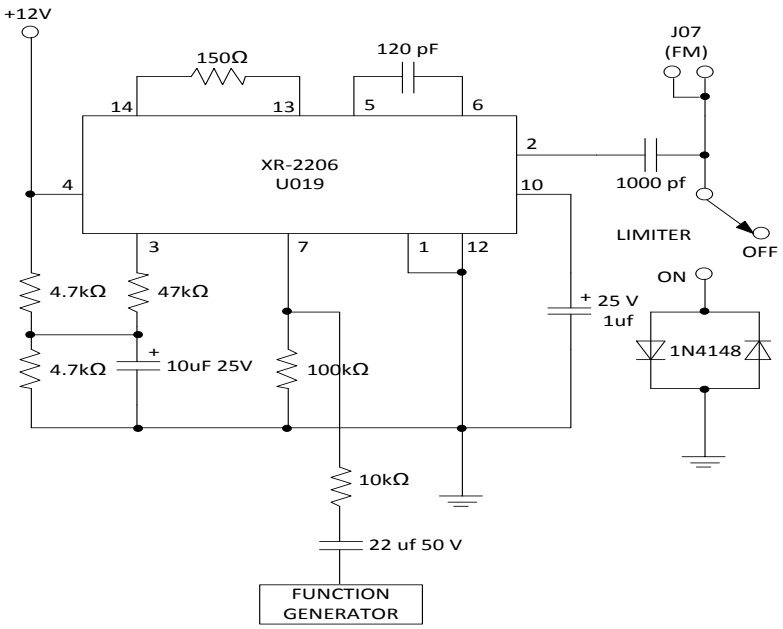
ภาพที่ 4.17 สัญญาณที่ได้จากวงจรกู้คืนสัญญาณ AM

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

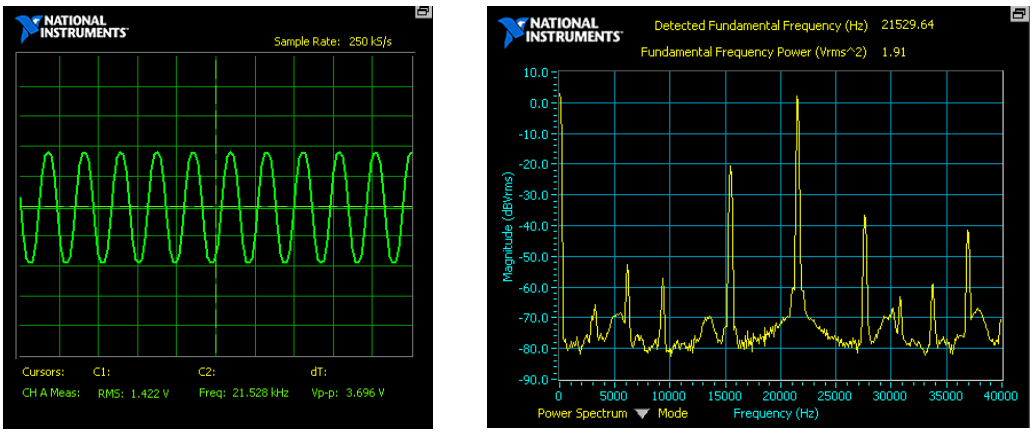
4.4 การกล้ำสัญญาณเชิงความถี่

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่ (Frequency Modulator) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลการผสมคลื่นทางความถี่ ในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่บนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.8 จากนั้นทำการปรับคลื่นสัญญาณ โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมให้เปรียบเทียบผลดที่ได้กับการจรวิเคราะห์วงจรมีผลกระทบกับคลื่น FM อย่างไร



ภาพที่ 4.18 วงจรการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่

ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.18 ปรับค่าความถี่สัญญาณข่าวสาร บนตัวอุปกรณ์ NI ELVIS ไปที่ 500 Hz นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 ต่อเข้าฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ โดยแสดงสัญญาณกึ่งกลาง ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น AC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณการกล้ำลงในภาพที่ 4.19



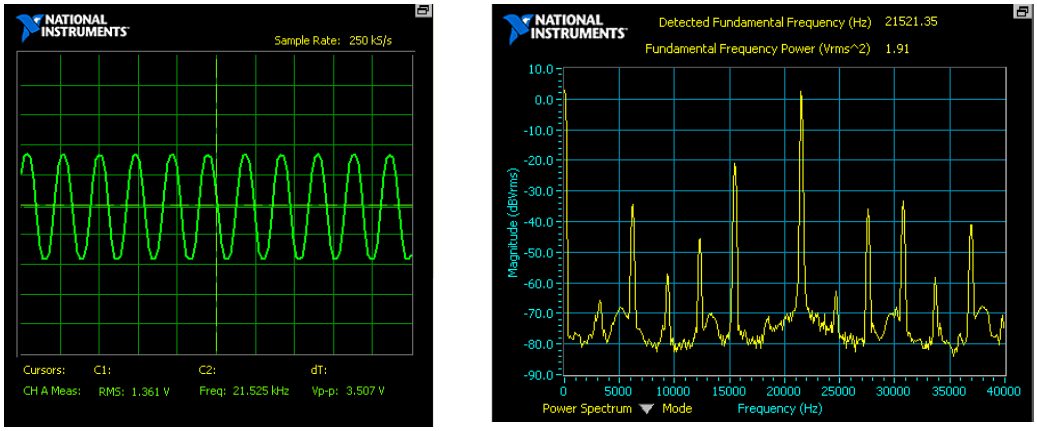
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.19 สัญญาณการกล้ำ FM

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนสัญญาณจากฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ ไปที่ 50 Hz และ 250 Hz จะได้สัญญาณดังภาพที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

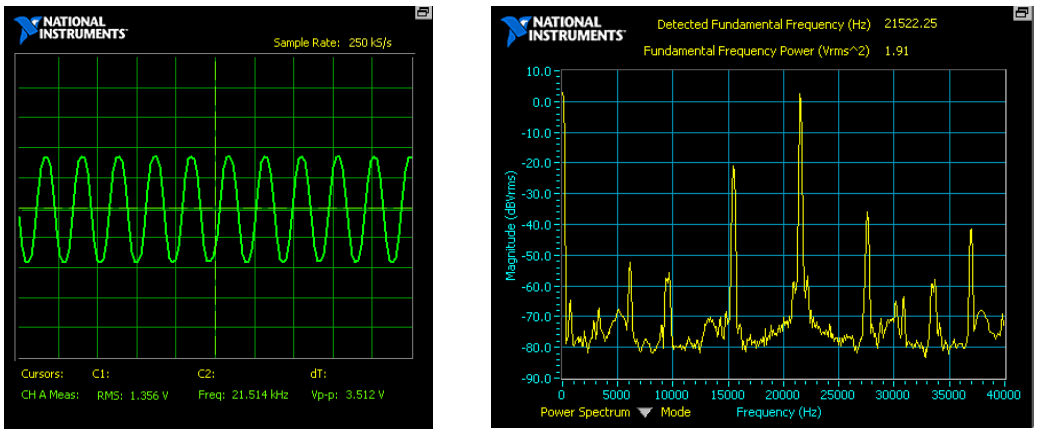


(ก) (ข)

ภาพที่ 4.20 สัญญาณการกล้ำ FM ความถี่ 50 Hz

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่



(ก) (ข)

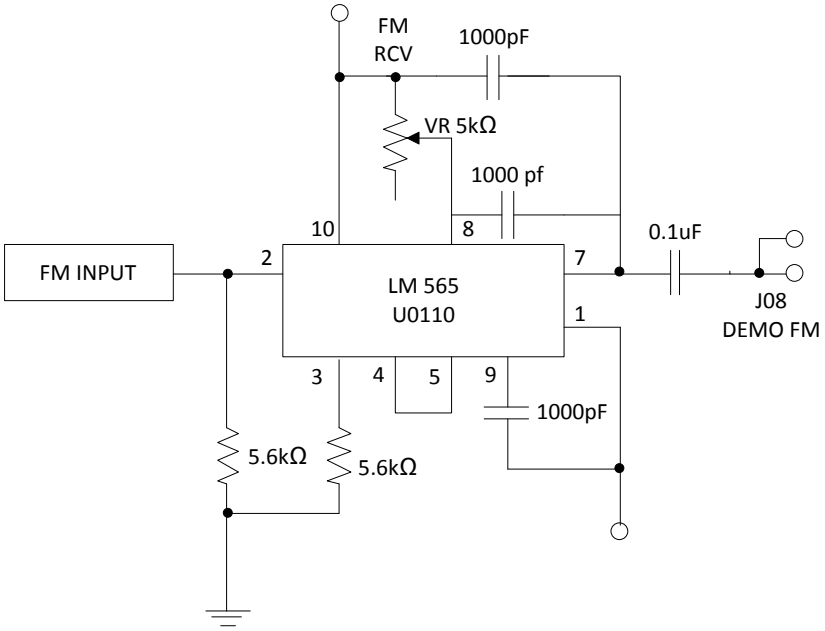
ภาพที่ 4.21 สัญญาณการกล้ำ FM ความถี่ 250 Hz

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

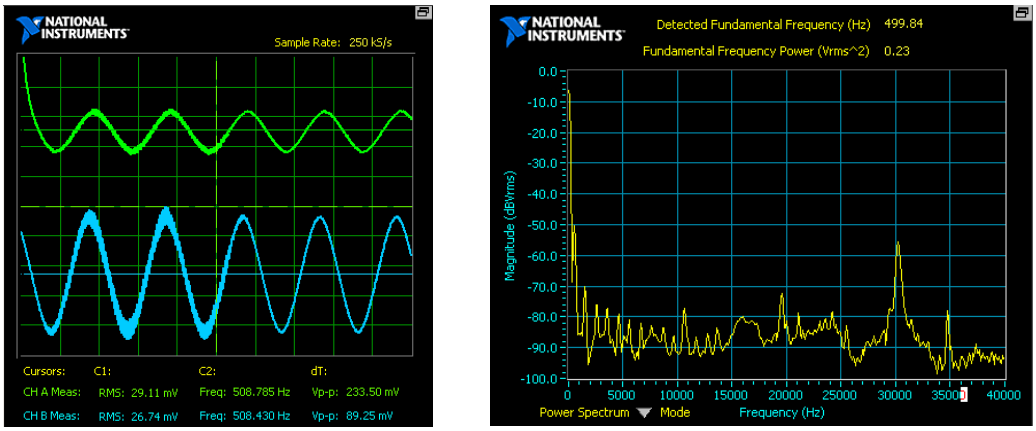
4.5 การกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่ (Freguency Demodulator) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลการผสมคลื่นทางความถี่ ในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรการกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่บนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.22 จากนั้นทำการปรับคลื่นสัญญาณ โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมให้เปรียบเทียบผลดที่ได้กับการวิเคราะห์วงจรมีผลกระทบกับคลื่น Demod FM อย่างไร



ภาพที่ 4.22 วงจรการกู้คืนการกล้ำสัญญาณเชิงความถี่

ทำการกู้คืนสัญญาณการกล้ำสัญญาณ FM และบันทึกผลดังแสดงในภาพที่ 4.23



(ก) (ข)

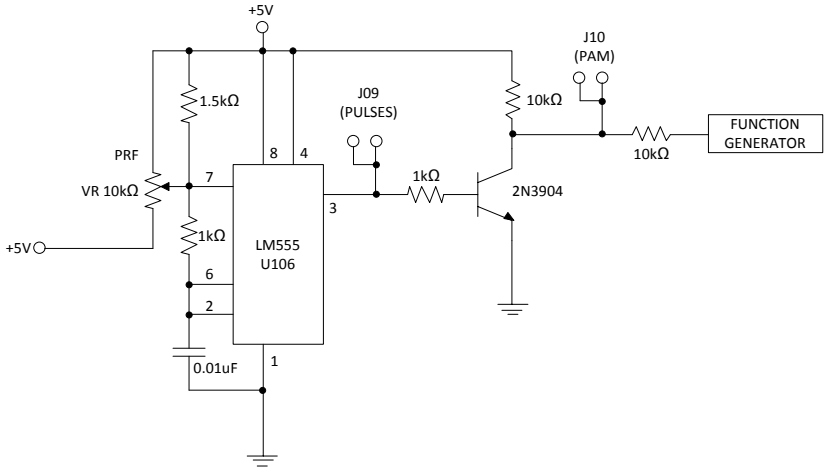
ภาพที่ 4.23 สัญญาณการกู้คืนการกล้ำสัญญาณ FM

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่

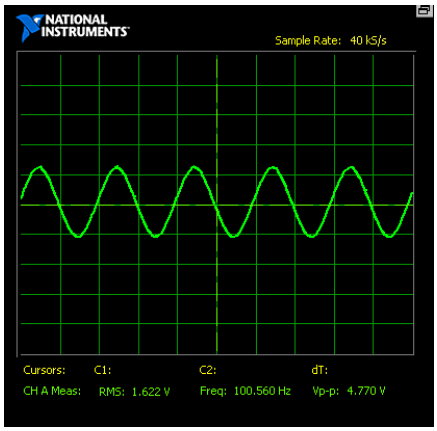
4.6 การกล้ำสัญญาณแบบพัลส์

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถสร้างวงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์ (Pulse Modulator) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์ ในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์บนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.24 จากนั้นป้อนสัญญาณพาห์ และสัญญาณข่าวสารไปยังวงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์ โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมให้เปรียบเทียบผลดที่ได้กับการวิเคราะห์วงจร เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของวงจรการทดลอง การปรับขนาดและความถี่ของสัญญาณข่าวสารอาจทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจบางประการ



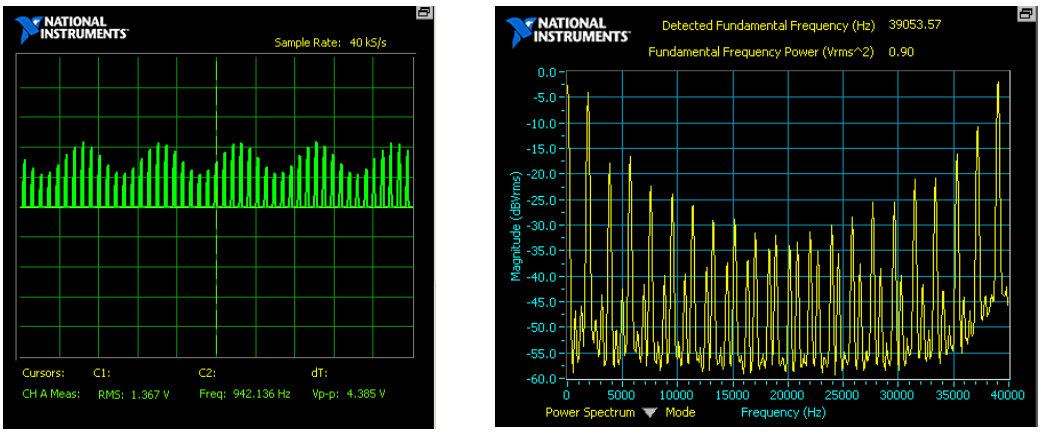
ภาพที่ 4.24 วงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์

ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.24 นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 ต่อเข้าฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ ปรับความถี่ 100 Hz โดยแสดงสัญญาณครึ่งบน ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น DC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณลงในภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 สัญญาณข่าวสารรูปคลื่นไซน์

จากนั้นนำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 วัดสัญญาณที่ PAM ปรับ Volt/Div ที่ 2 V โดยแสดงสัญญาณครึ่งบน ของจอออสซิลโลสโคป และปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น DC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณลงในภาพที่ 4.26



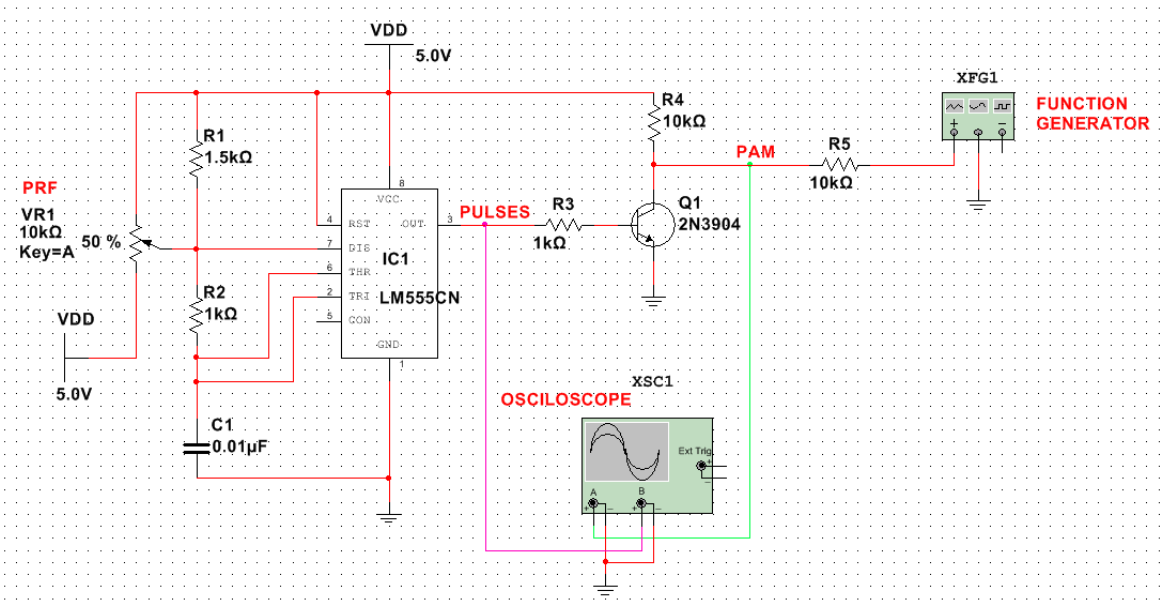
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.26 คลื่นสัญญาณ PAM

(ก) โดเมนเวลา

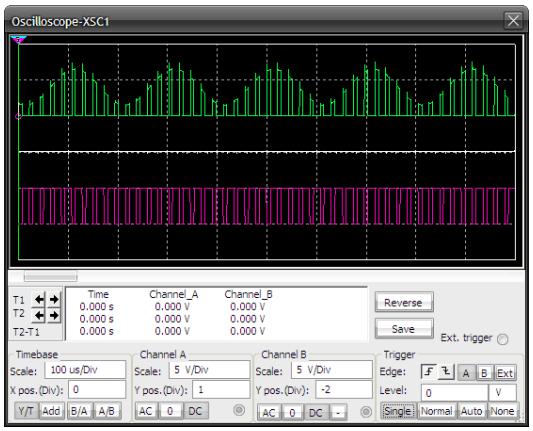
(ข) โดเมนความถี่

ในส่วนนี้ เป็นการต่อวงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์บนโปรแกรม NI Multisim เพื่อกำหนดสัญญาณพาห์ (Carrier) และสัญญาณที่ถูกพาห์ไป (Pulse Modulator) โดยทำการสร้างวงจรจำลองการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์บนโปรแกรม NI Multisim ดังในภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.27 วงจรการกล้ำสัญญาณแบบพัลส์

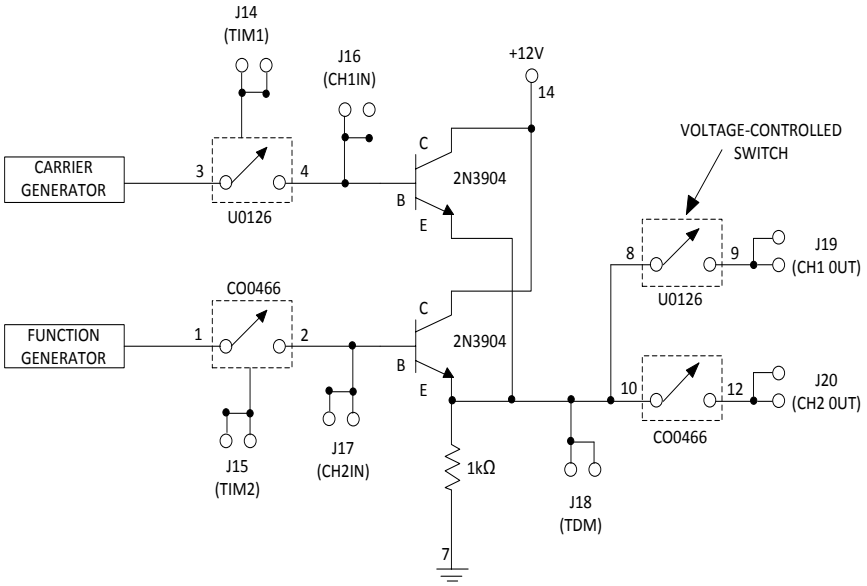
ทำการบันทึกรูปสัญญาณ PULSE ไว้ด้านบนและสัญญาณ PAM ไว้ด้านล่าง ลงในภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.28 คลื่นสัญญาณ PAM

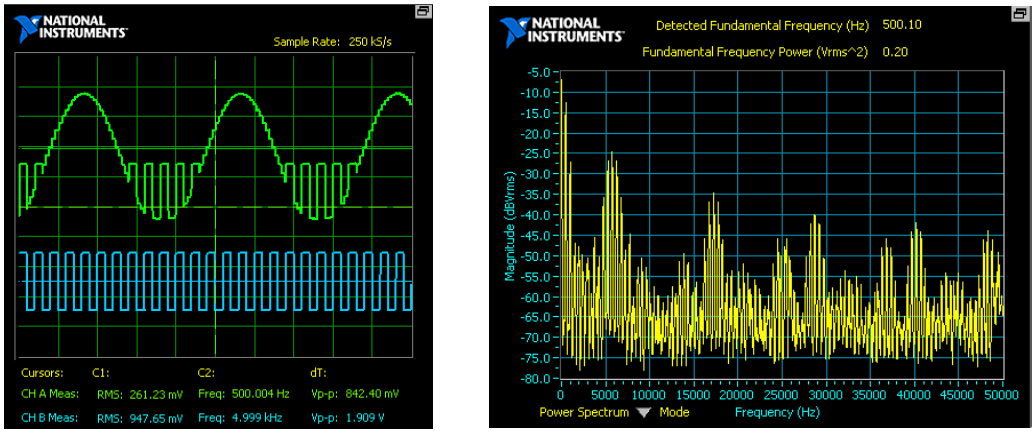
4.7 การมัลติเพล็กซ์

ทำการสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์ (Multiplexer) บนอุปกรณ์ NI ELVIS แล้วทำการทดลองและวัดผลของวงจร ในการทดลองนี้จะทำการต่อวงจรรวมสัญญาณบนชุดทดลอง NI ELVIS ดังภาพที่ 4.29 โดยสังเกตุและทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร พร้อมให้เปรียบเทียบผลดที่ได้กับการวิเคราะห์วงจร เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของวงจรการทดลอง



ภาพที่ 4.29 วงจรมัลติเพล็กซ์

ทำการต่อวงจรตามภาพที่ 4.29 ปรับค่าความถี่สัญญาณข่าวสาร บนตัวอุปกรณ์ NI ELVIS ไปที่ 5 kHz นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 1 ต่อเข้าฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ โดยแสดงสัญญาณครึ่งบน ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น AC ปรับ Time/Div ของออซสิโลสโคป ไปที่ 1 ms/Div นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปช่องสัญญาณ 2 วัดสัญญาณคลื่นพาห์ โดยแสดงสัญญาณครึ่งล่าง ของจอออสซิลโลสโคป ปรับการคัปปลิ้งสัญญาณให้เป็น AC จากนั้นบันทึกรูปสัญญาณลงในภาพที่ 4.30



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.30 สัญญาณการมัลติเพล็กซ์

(ก) โดเมนเวลา

(ข) โดเมนความถี่