

# Digital Modulator and Demodulator Laboratory Report

ENE 312 Electronic Engineering Laboratory (Communication)

ผู้เขียนรายงาน : นายธรรมาช งามอุ่น รหัสนักศึกษา : 62070502431 section : A

วงจรที่ใช้ในการทดลองที่ 1

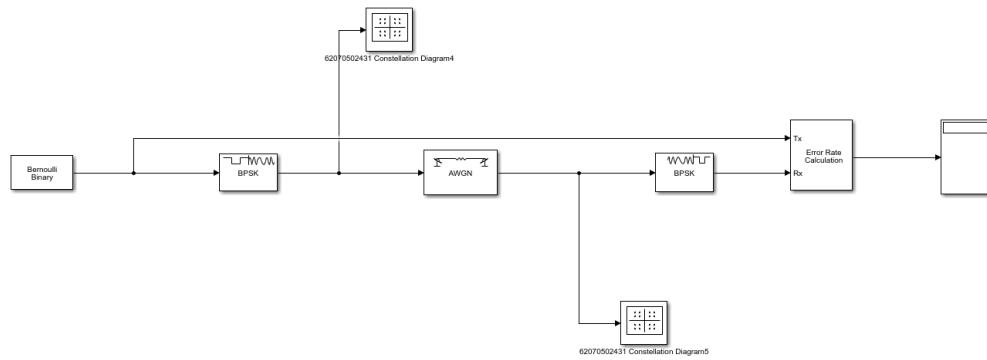


Figure 1 BPSK Modulation and Demodulation

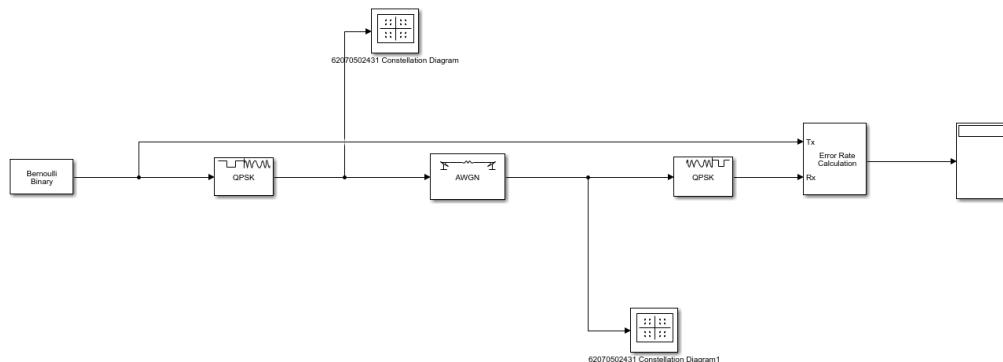


Figure 2 QPSK Modulation and Demodulation

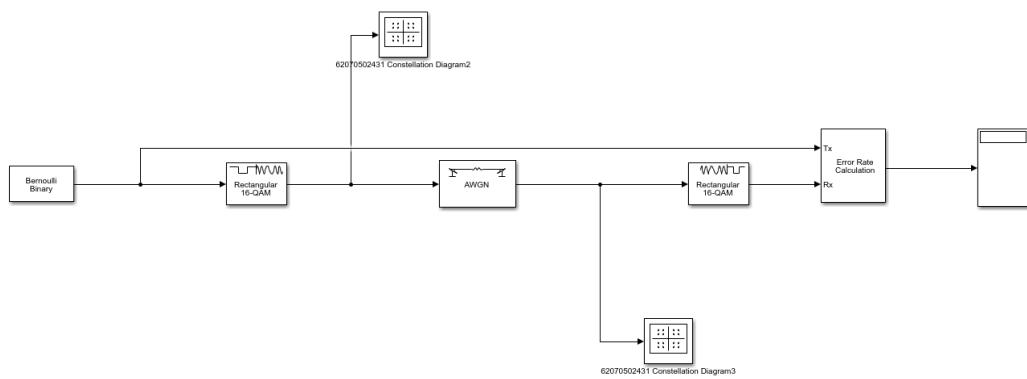


Figure 3 QAM Modulation and Demodulation

## ผลการทดลอง

### 1. BPSK

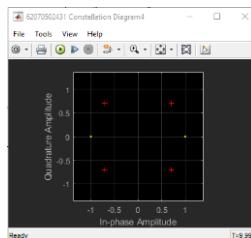


Figure 4 Transmitted Signal BPSK

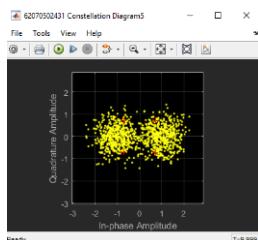


Figure 5 At  $E_b/N_0 = 3 \text{ dB}$

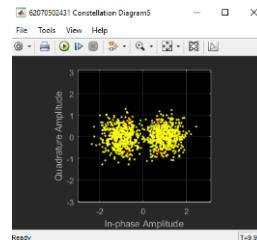


Figure 6 At  $E_b/N_0 = 4 \text{ dB}$

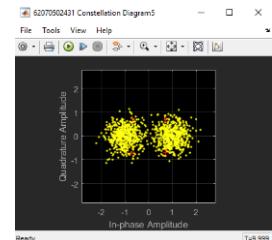


Figure 7 At  $E_b/N_0 = 5 \text{ dB}$

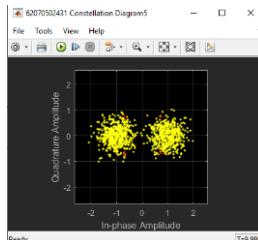


Figure 8 At  $E_b/N_0 = 6 \text{ dB}$

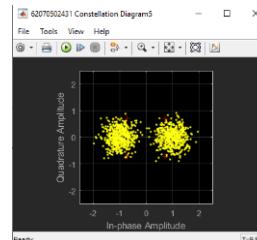


Figure 9 At  $E_b/N_0 = 7 \text{ dB}$

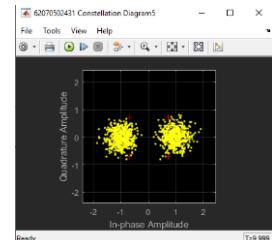


Figure 10 At  $E_b/N_0 = 8 \text{ dB}$

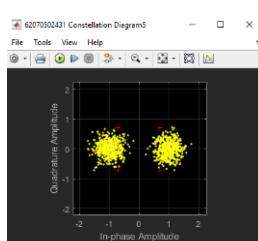


Figure 11 At  $E_b/N_0 = 9 \text{ dB}$

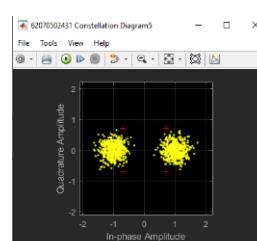


Figure 12 At  $E_b/N_0 = 10 \text{ dB}$

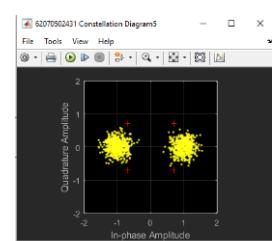


Figure 13 At  $E_b/N_0 = 11 \text{ dB}$

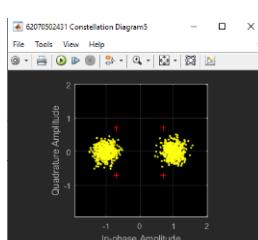


Figure 14 At  $E_b/N_0 = 12 \text{ dB}$

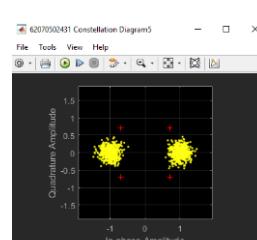


Figure 15 At  $E_b/N_0 = 13 \text{ dB}$

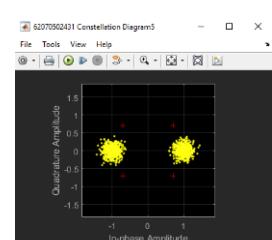


Figure 16 At  $E_b/N_0 = 14 \text{ dB}$

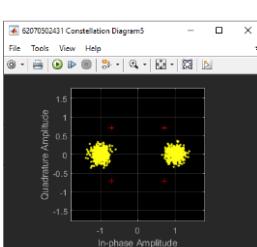


Figure 17 At  $E_b/N_0 = 15 \text{ dB}$

## 2. QPSK

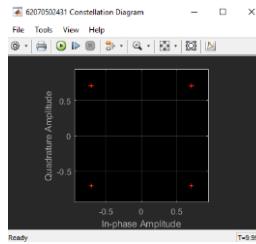


Figure 18 Transmitted Signal QPSK

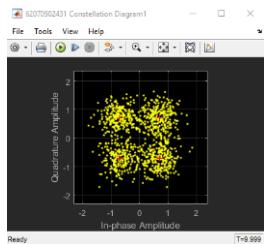


Figure 19 At  $Eb/No = 3$  dB

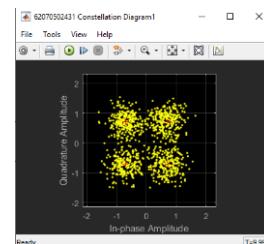


Figure 20 At  $Eb/No = 4$  dB

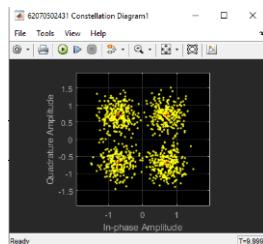


Figure 21 At  $Eb/No = 5$  dB

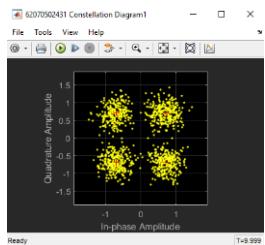


Figure 22 At  $Eb/No = 6$  dB

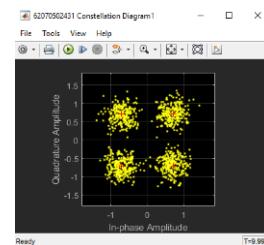


Figure 23 At  $Eb/No = 7$  dB

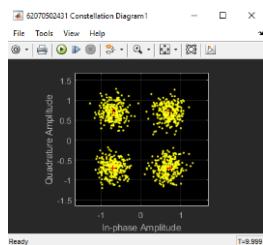


Figure 24 At  $Eb/No = 8$  dB

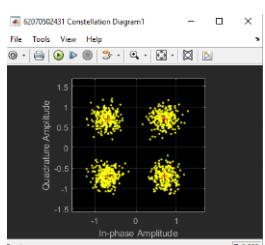


Figure 25 At  $Eb/No = 9$  dB

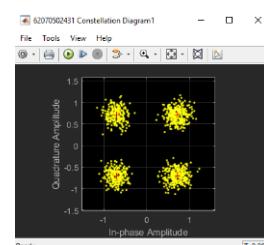


Figure 26 At  $Eb/No = 10$  dB

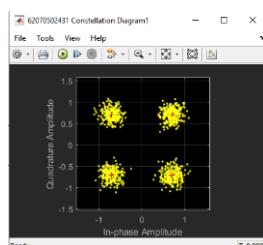


Figure 27 At  $Eb/No = 11$  dB

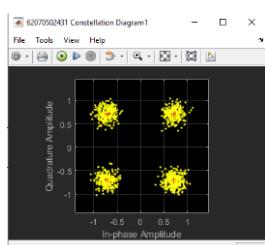


Figure 28 At  $Eb/No = 12$  dB

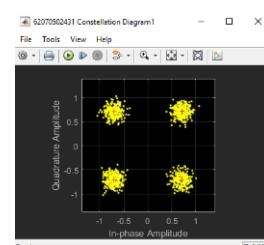


Figure 29 At  $Eb/No = 13$  dB

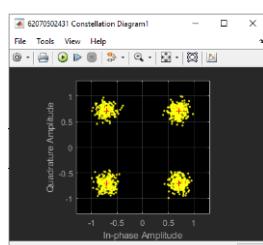


Figure 30 At  $Eb/No = 14$  dB

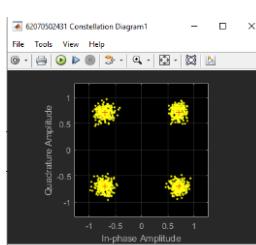


Figure 31 At  $Eb/No = 15$  dB

### 3. QAM

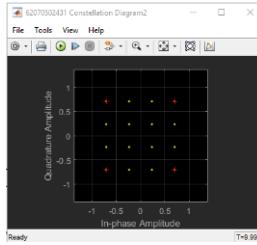


Figure 32 Transmitted Signal QAM

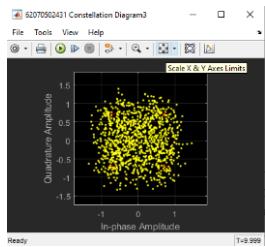


Figure 33 At Eb/No = 3 dB

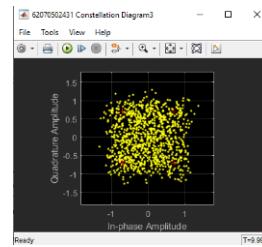


Figure 34 At Eb/No = 4 dB

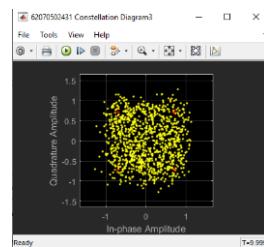


Figure 35 At Eb/No = 5 dB

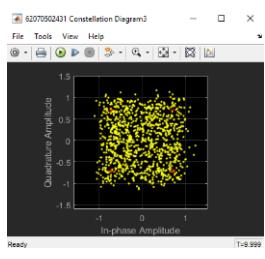


Figure 36 At Eb/No = 6 dB

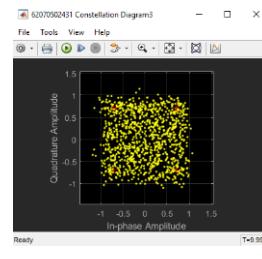


Figure 37 At Eb/No = 7 dB

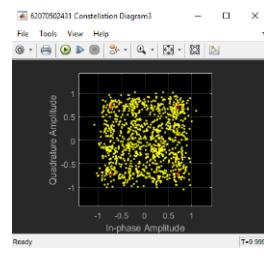


Figure 38 At Eb/No = 8 dB

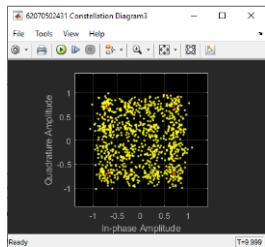


Figure 39 At Eb/No = 9 dB

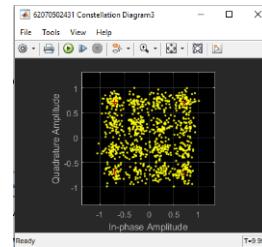


Figure 40 At Eb/No = 10 dB

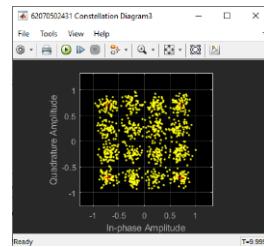


Figure 41 At Eb/No = 11 dB

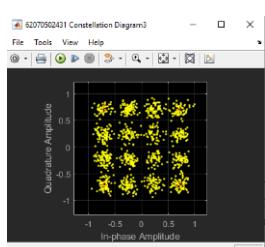


Figure 42 At Eb/No = 12 dB

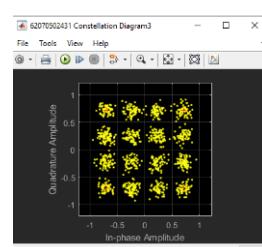


Figure 43 At Eb/No = 13 dB

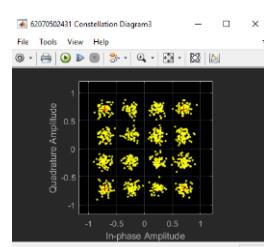


Figure 44 At Eb/No = 14 dB

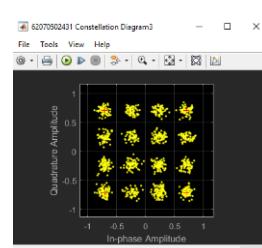


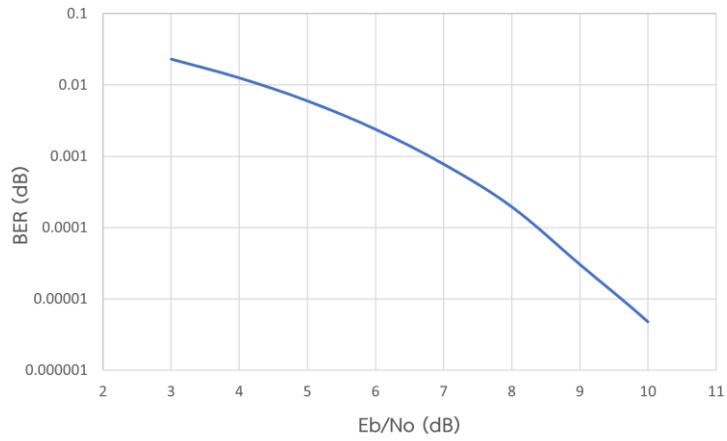
Figure 45 At Eb/No = 15 dB

### กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง BER (dB) กับ Eb/No (dB) ของแต่ละชนิด

#### BPSK

BER (dB)	Eb/No (dB)
0.02294	3
0.01253	4
0.005958	5
0.002386	6
0.0007761	7
0.000196	8
3.06E-05	9
4.80E-06	10
6.00E-07	11
0	12
0	13
0	14
0	15

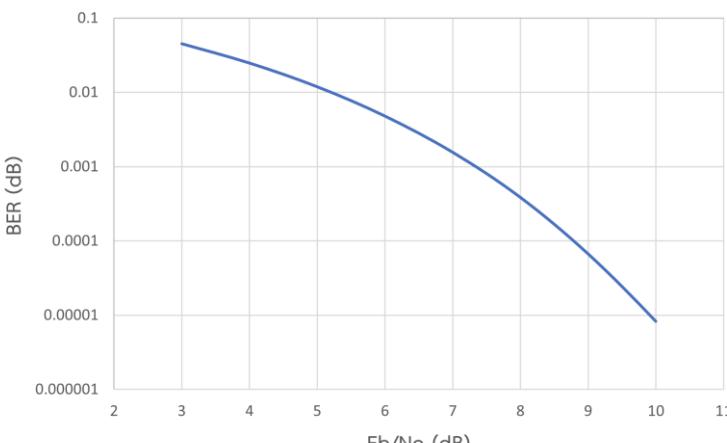
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง BER กับ Eb/No ของ **BPSK**



#### QPSK

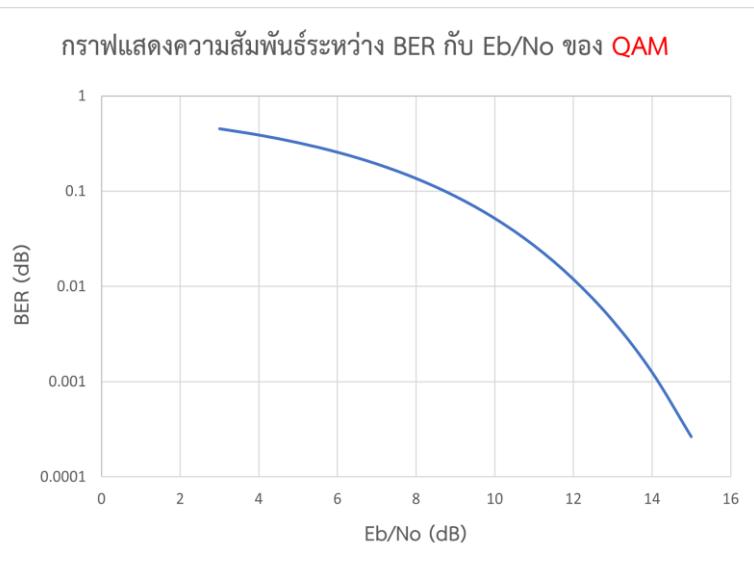
BER (dB)	Eb/No (dB)
0.0453	3
0.02488	4
0.01193	5
0.004809	6
0.001566	7
0.000387	8
6.72E-05	9
8.30E-06	10
8.00E-07	11
0	12
0	13
0	14
0	15

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง BER กับ Eb/No ของ **QPSK**

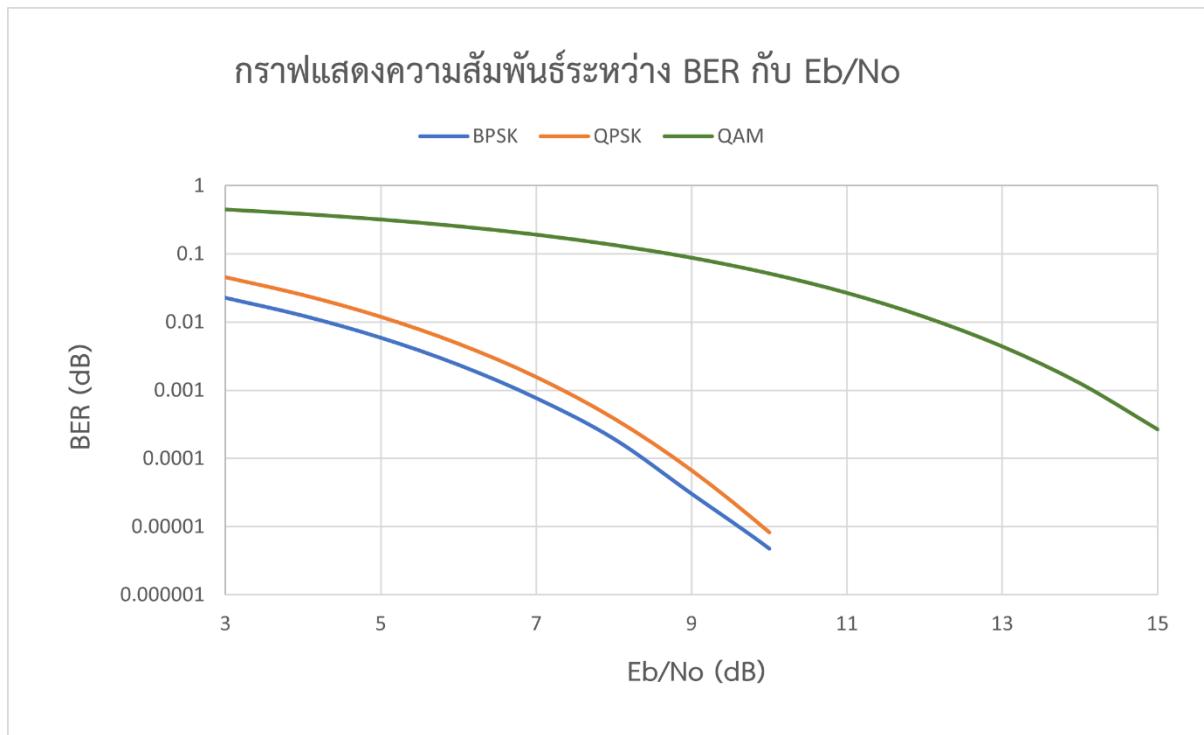


## QAM

BER (dB)	Eb/No (dB)
0.4522	3
0.3888	4
0.3226	5
0.2564	6
0.1932	7
0.1361	8
8.85E-02	9
5.19E-02	10
2.69E-02	11
1.19E-02	12
0.004396	13
0.001266	14
0.0002657	15



กราฟเปรียบเทียบค่า BER (dB) ของวงจรแต่ละชนิด



## วงจรที่ใช้ในการทดลองที่ 2

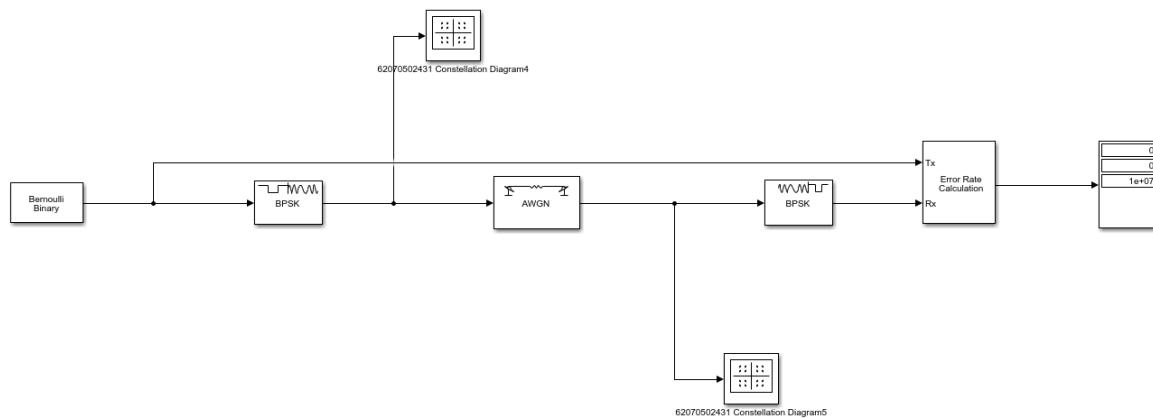


Figure 46 Bernoulli generator for BPSK

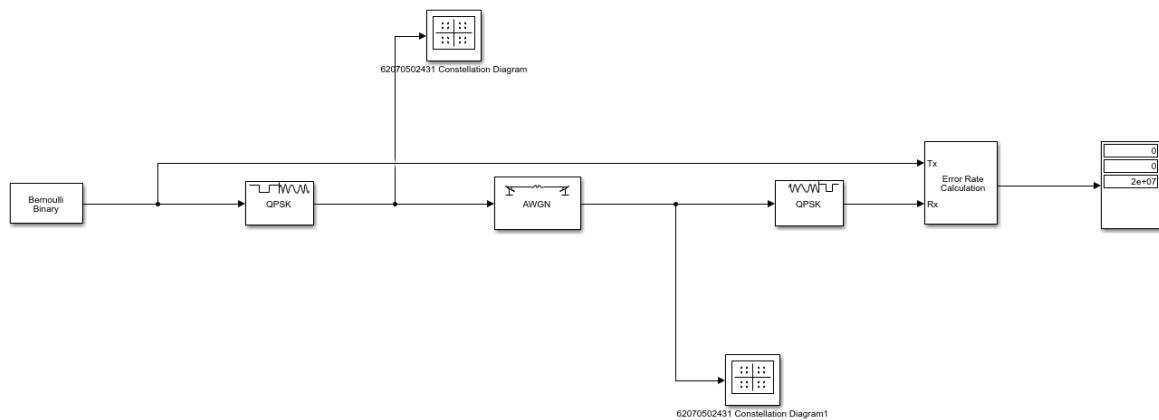


Figure 47 Bernoulli generator for QPSK

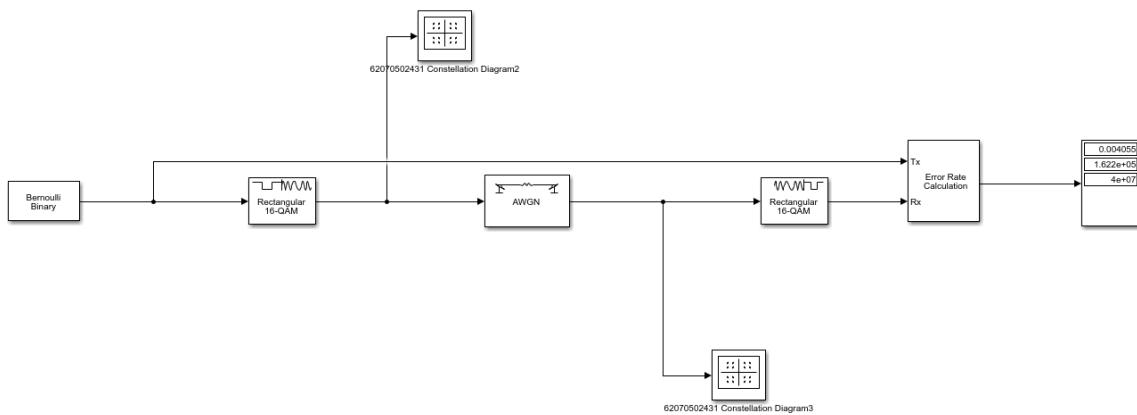


Figure 48 Bernoulli generator for QAM

## ผลการทดลอง

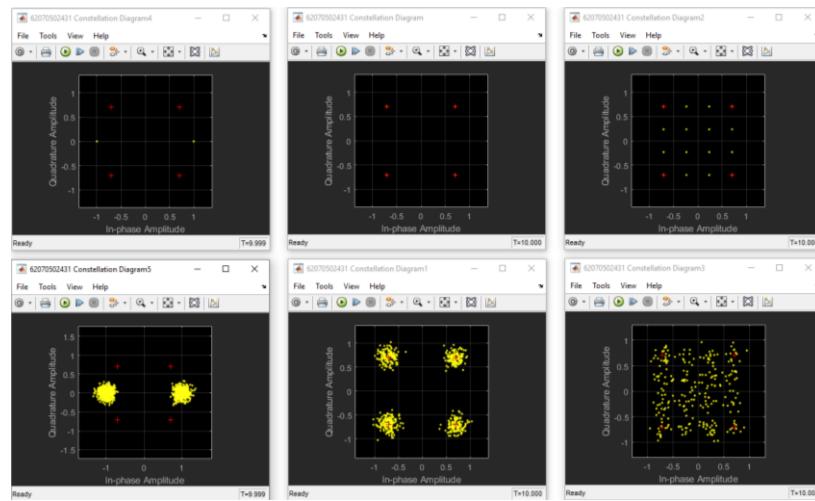


Figure 48 At  $E_b/N_0 = 16 \text{ dB}$

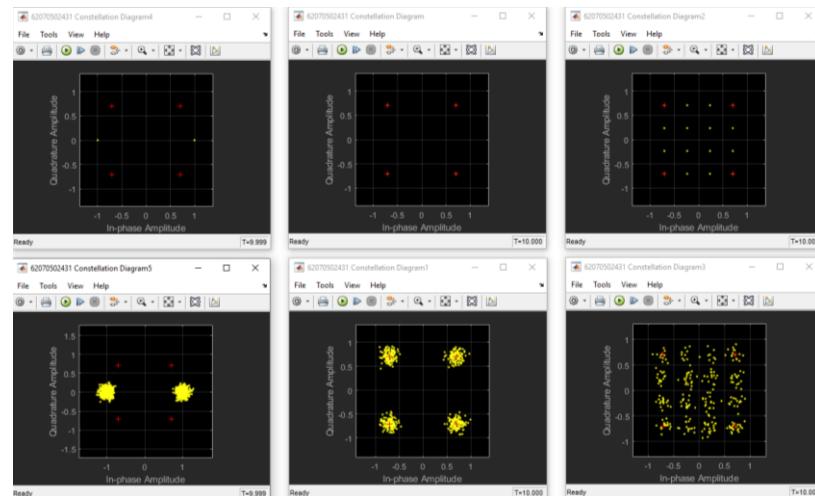


Figure 49 At  $E_b/N_0 = 10 \text{ dB}$

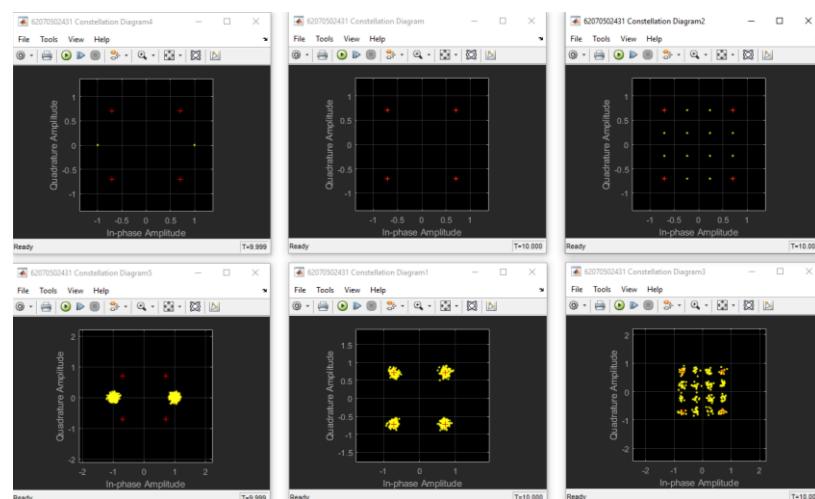


Figure 50 At  $E_b/N_0 = 10 \text{ dB}$

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง (Conclusion)

จากการทดลองเรื่อง Digital Modulator and Demodulator โดยทำการ Modulation แบบ BPSK, QPSK และ 16 QAM ในการทดลองที่ 1 ทำการทดลองโดยสร้างวงจรตามรูปข้างต้น ตามลำดับ แล้ว simulation ที่ค่า Eb/No ตั้งแต่ 3 dB – 15 dB เพื่อดูค่า BER (dB) และนำค่า BER ที่ได้จากการ simulation มา Plot กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Eb/No (dB) กับค่า BER (dB) จากผลการทดลอง สังเกตได้ว่า เมื่อเราเพิ่มค่า Eb/No (dB) จะส่งผลให้ค่า BER (dB) ลดลง ซึ่ง เป็นไปตามสมการ  $P_b = Q \sqrt{\frac{2E_b}{N_o}}$  จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นที่จะเกิด error นั้นย่อมขึ้นอยู่กับค่า Eb/No (dB) ถ้ามาเราจะนำค่าที่ plot ได้ทั้ง 3 ชนิด (BPSK, QPSK และ 16 QAM) มา plot กราฟร่วมกันเพื่อเปรียบเทียบแนวโน้ม พบร่วมความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการส่งสารเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ 16 QAM > QPSK > BPSK ตามลำดับ โดยที่ BPSK มีอัตราการเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด เพราะ BPSK มีช่วงเวลาในการตัดสินใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกทั้ง 2 ตัว ทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยสุด