

วิชา Data Communication Laboratory
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การทดลองที่ 8 Pulse Code Modulation

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเกี่ยวกับการชักตัวอย่างสัญญาณ (Sampling)
2. ศึกษาเกี่ยวกับการเข้ารหัสสัญญาณของการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM)
3. อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสุ่มตัวอย่างกับการมอดูเลต

การทดลองที่ 8.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเสียงที่มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของ PCM

1. ดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลเสียงต้นฉบับ MAGNIFICAT_16bits_96kHz.flac จาก <https://goo.gl/XhKvsx>
2. ใช้โปรแกรม Matlab ทำการอ่านข้อมูลเสียงต้นฉบับ ด้วยคำสั่ง


```
filename='d:\MAGNIFICAT_16bits_96kHz.flac';
[y, Fs]=audioread(filename);
nBits=24;
playerObj=audioplayer(y(:,1), Fs, nBits);
get(playerObj);
play(playerObj);
```

Note: ถ้าต้องการหยุดฟังให้ใช้คำสั่ง

```
stop(playerObj);
```
3. แสดงกราฟเสียงที่อ่านได้ ด้วยคำสั่ง


```
plot(y(:,1));
```
4. ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัว Quantizer คุณสมบัติของ PCM โดยเปลี่ยนค่า Fs และ nBits ตามข้อ 5 และ 6 แล้วเปรียบเทียบเสียงผลลัพธ์ที่ได้ โดย
 - 4.1. สร้าง และตรวจสอบคุณสมบัติของไฟล์เสียงที่ต้องการเล่นด้วยคำสั่ง


```
playerObj=audioplayer(y, Fs, nBits);
get(playerObj);
```
 - 4.2. ทดลองฟังเสียงที่ได้ ด้วยคำสั่ง


```
play(playerObj);
```
5. ทดลองปรับค่า Sampling Frequency (Fs) ให้มากกว่า และ น้อยกว่าค่า Fs ที่อ่านได้จากไฟล์เสียงต้นฉบับ (โดยที่กำหนดค่า nBits (Bit Depth: Bits/Sample) คงเดิม) ให้ นศ. บอกค่า Fs ที่ทำให้เกิดความแตกต่างเมื่อเทียบกับต้นฉบับ พร้อมอธิบายความแตกต่างของคุณภาพเสียงที่ได้ฟัง เมื่อเทียบกับเสียงที่ฟังจากไฟล์ต้นฉบับ

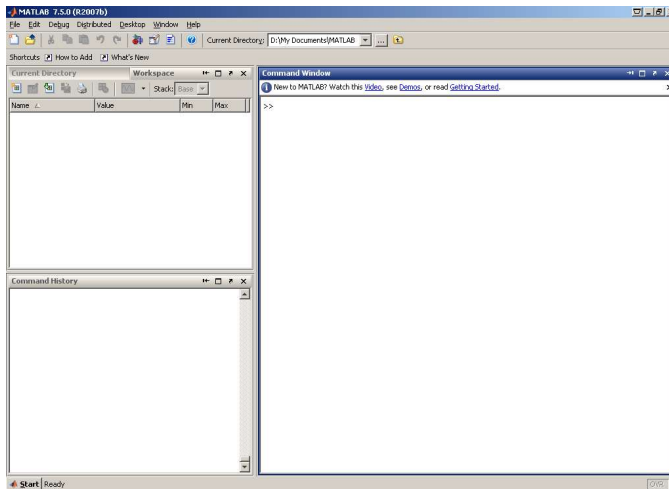
6. ทดลองปรับค่า Bit Depth (Bit Resolution) ให้มากกว่า และน้อยกว่า ค่า nBits ที่อ่านได้จากไฟล์เสียงต้นฉบับ (โดยปรับ fs ให้มีค่าเท่ากับต้นฉบับ) ให้ นศ. บอกค่า nBits ที่ทำให้เกิดความแตกต่างเมื่อเทียบกับต้นฉบับ พร้อม นศ. อธิบายความแตกต่างของคุณภาพเสียงที่ได้ฟัง เมื่อเทียบกับเสียงที่ฟังจากไฟล์ต้นฉบับ

.....

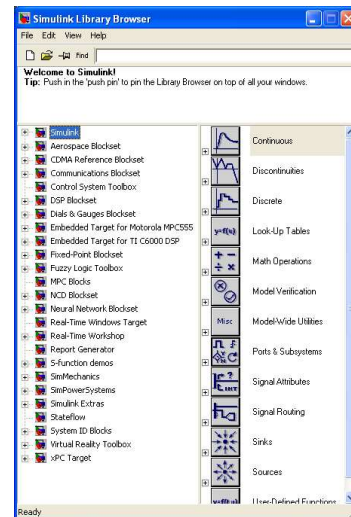
ลายเซ็นอาจารย์ผู้ตรวจการทดลอง

การทดลองที่ 8.2 ศึกษาการลักษณะของ Pulse Code Modulation จากโปรแกรม Matlab และ Simulink

- เปิดโปรแกรม Matlab ดังรูปที่ 8.1 (ก) หลังจากนั้นพิมพ์คำสั่ง simulink เพื่อเรียกใช้ Simulink Library Browser ได้ผลดังในรูปที่ 8.1 (ข)



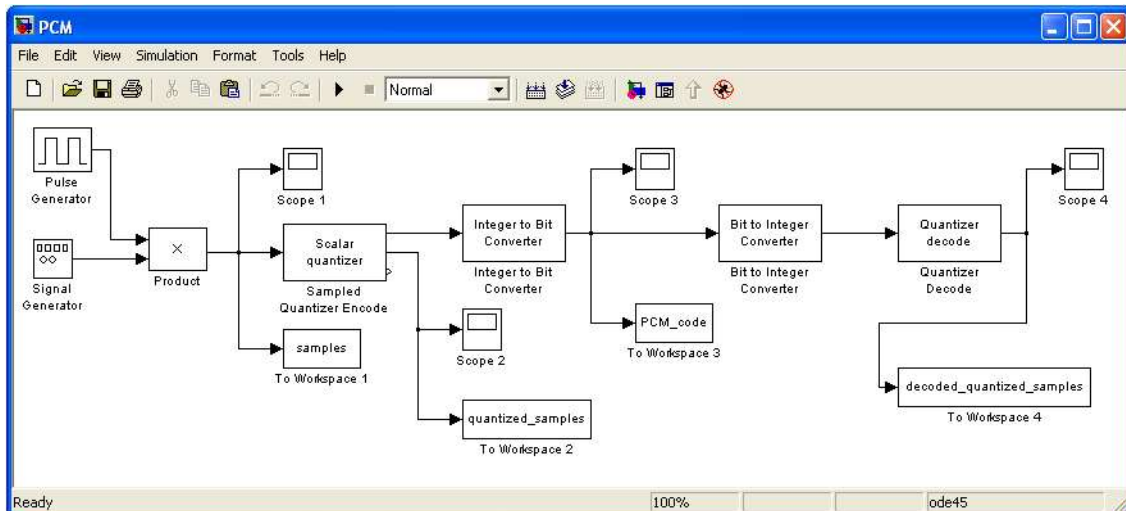
(ก) โปรแกรม Matlab



(ข) Simulink Library Browser

รูปที่ 8.1 ภาพแสดงโปรแกรม Matlab และ Simulink Library Browser

- ใน Simulink Library Browser เลือกเมนู File -> New -> Model หรือใช้คำสั่ง (Ctrl + N) เพื่อสร้างโมเดลสำหรับทดลอง
- สร้างโมเดล การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM) ดังรูปที่ 8.2 โดยที่ส่วนประกอบของโมเดลนำมาจาก Simulink Library Browser ดังตารางที่ 8.1

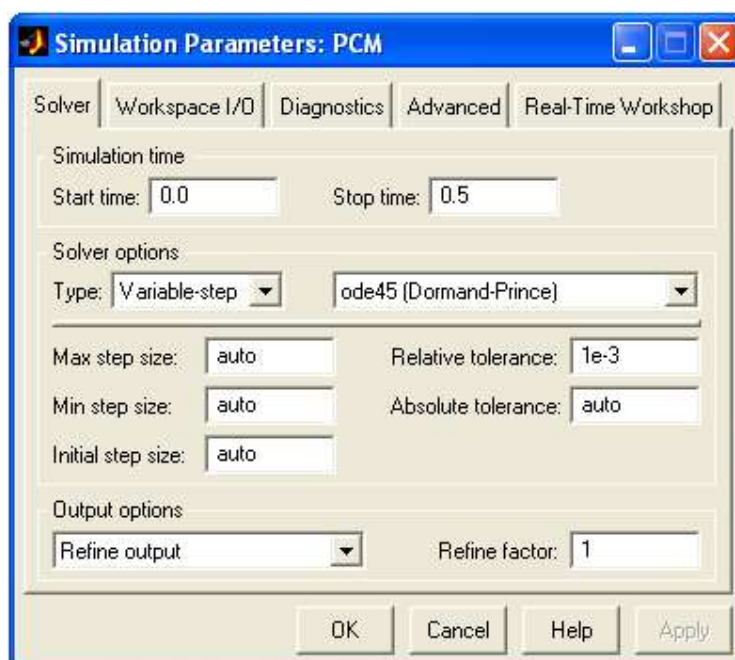


รูปที่ 8.2 แสดงโมเดล การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM)

ตารางที่ 8.1 ตารางแสดงส่วนประกอบของโมเดล การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM)

ส่วนประกอบของโมเดล	สัญลักษณ์	Simulink Library Browser
Scope		Simulink→Sinks
To Workspace		
Pulse Generator		Simulink→Sources
Signal Generator		
Product		Simulink→Math Operations
Quantizing Encode		Communications System Toolbox→Source Coding
Quantizing Decode		Communications System Toolbox→Sources Coding
Bit to Integer Converter		Communications Blockset→Utility Functions
Integer to Bit Converter		

- ตั้งค่าภายใน Simulation Parameters (จาก Menu bar Simulation → Simulation Parameters หรือ Configuration Parameters) ตามรูปที่ 8.3 และตั้งค่าตัวแปรภายในส่วนประกอบของโมเดล Sampling ดังตารางที่ 8.2





รูปที่ 8.3 ภาพแสดงค่าภายใน Simulation Parameters (การทดลองการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM))

ตารางที่ 8.2 ตารางแสดงการตั้งค่าตัวแปรภายในโมเดล การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM)

ส่วนประกอบของโมเดล	ตัวแปร	ค่า
Pulse Generator	Pulse type	Timebased
	Amplitude	1
	Period (secs)	0.01
	Pulse Width (% of period)	1
	Phase delays (secs)	0
	Interpret vector parameters as 1-D	Yes
Signal Generator	Wave form	Sine
	Amplitude	1
	Frequency	5
	Units	Hertz
	Interpret vector parameters as 1-D	Yes
Product	Number of inputs	2
	Multiplication	(.*)
Analog Filter Design	Design method	Butterworth
	Filter type	Lowpass
	Filter order	8
	Passband edge frequency (rads/sec)	$5 \times 2\pi$

ส่วนประกอบของโมเดล	ตัวแปร	ค่า
Sampled Quantizer Encode	Quantization partition	[-.5 0 .5]
	Quantization codebook	[-.75 -.25 .25 .75]
	Input signal vector length	1
	Sample time (*เปลี่ยนตาม Period ทุกครั้ง*)	.01
Integer to Bit Converter	Number of bit per integer	2
Bit to Integer Converter	Number of bit per integer	2
Quantizer Decode	Quantization codebook	[-.75 -.25 .25 .75]
To Workspace	Variable name	(ชื่อตามในรูป)
	Limit data points to last	inf
	Decimation	1
	Sample time (*เปลี่ยนตาม Period ทุกครั้ง*)	0.01
	Save format	Array

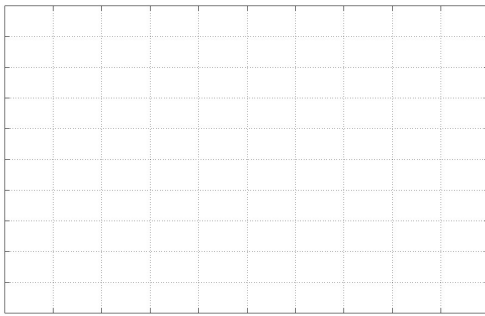
5. ตั้งให้โมเดลทำงาน (Start Simulation) แล้วบันทึกผลการทดลอง
 - 5.1. รูปการทดลองให้กด AutoScale  เพื่อปรับให้สัญญาณมีขนาดเหมาะสมในการแสดงภาพ
 - 5.2. การบันทึกผลการทดลองให้ปรับสัญญาณให้อยู่ในรูปที่สามารถเข้าใจได้ โดยใช้ Zoom X-axis 
6. เปลี่ยนค่าตัวแปร ภายใน Pulse Generator และ Signal Generator ตามตารางที่ 8.3 แล้วบันทึกผลการทดลอง
7. ความถี่ f_s ในตารางที่ 8.3 เป็นเท่าใด (เดิมค่าลงในตาราง)

ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงการตั้งค่าตามการทดลองที่ข้อที่ 3

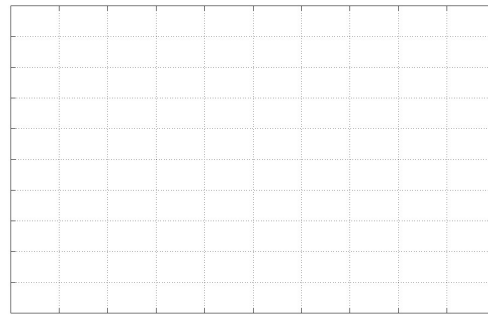
การทดลอง	f_s	Pulse Generator Signal	Sampled Quantizer Encode To Workspace	Signal Generator
ก	Hz	Period = 0.01	Sample time = .01	Amplitude = 1
ข	Hz	Period = 0.01	Sample time = .01	Amplitude = 0.1
ค	Hz	Period = 0.2	Sample time = .2	Amplitude = 1

*** เมื่อเปลี่ยนค่า Period ใน Signal Generator ให้เปลี่ยน Sample time ใน Sampled Quantizer Encode และ To Workspace ตามทุกครั้ง

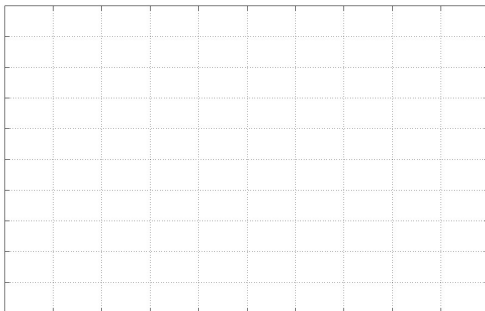
บันทึกผลการทดลองการเข้ารหัสสัญญาณของการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (การทดลองข้อ 6 ก.)



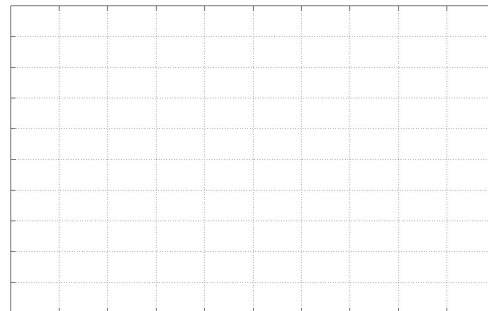
สัญญาณจาก Signal Generator



สัญญาณที่ผ่านการ Sampling (Scope 1)

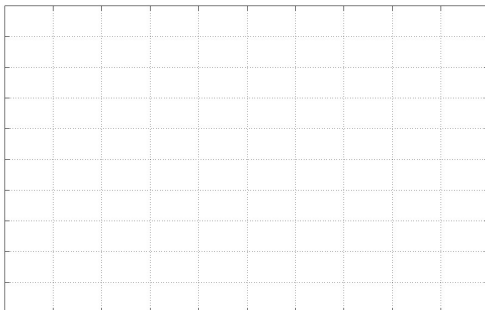


สัญญาณที่เป็น PCM (Scope 3)

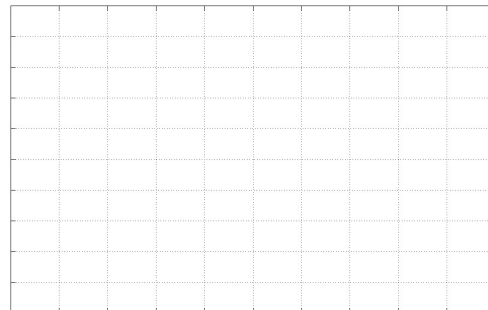


สัญญาณที่แปลงกลับ (Scope 4)

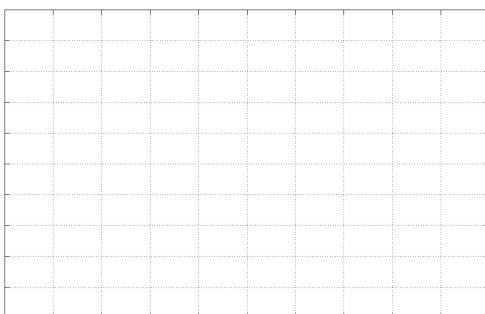
บันทึกผลการทดลองการเข้ารหัสสัญญาณของการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (การทดลองข้อ 6 ข.)



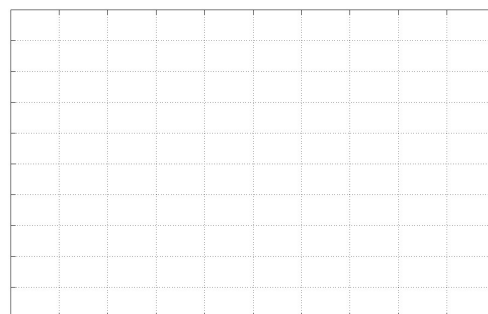
สัญญาณจาก Signal Generator



สัญญาณที่ผ่านการ Sampling (Scope 1)

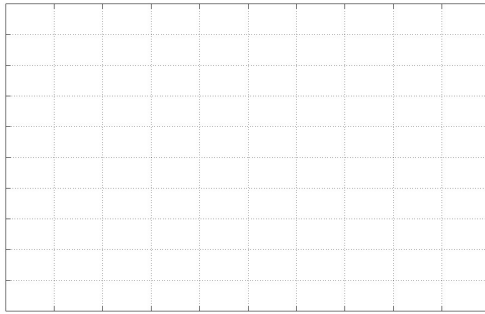


สัญญาณที่เป็น PCM (Scope 3)

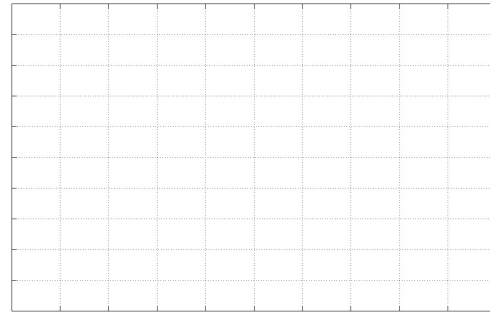


สัญญาณที่แปลงกลับ (Scope 4)

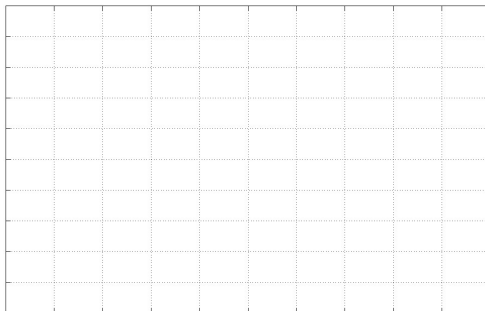
บันทึกผลการทดลองการเข้ารหัสสัญญาณของการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (การทดลองข้อ 6 ค.)



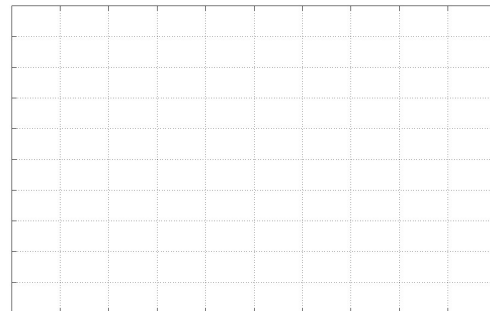
สัญญาณจาก Signal Generator



สัญญาณที่ผ่านการ Sampling (Scope 1)



สัญญาณที่เป็น PCM (Scope 3)



สัญญาณที่แปลงกลับ (Scope 4)

8. หาก Amplitude สัญญาณจาก Signal Generator เป็น 2 V และต้องการใช้ระดับการควอนไทซ์เป็น 8 ระดับ ต้องทำอย่างไร เมื่อทำสมบูรณ์แล้วเชิญอาจารย์ตรวจการทดลอง

.....
ลายเซ็นอาจารย์ผู้ตรวจการทดลอง

สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง การเข้ารหัสสัญญาณของการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (PCM)

คำถามท้ายการทดลอง

1. ใน โมเดล Sampling อะไรที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการสุ่มในการสร้างสัญญาณกลับ (Reconstructed Signal)

2. ใน โมเดล PCM ถ้าใช้ระดับการควอนไทซ์ที่น้อยๆ จะมีผลอย่างไร
