

Dr. Sadık YILDIZ

sadikyildiz06@gmail.com

**Gazi Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
(Teknoloji Fakültesi)**

2025– ANKARA

PPM Modülatörü ve Demodülatörü

1. PPM (Darbe Konum Modülasyonu) Nedir?

- PPM (Darbe Konum Modülasyonu), *bir darbe modülasyon tekniğidir.*
- *Bilgi sinyalinin genliği yerine, darbelerin zaman eksenindeki konumlarını değiştiren* bir modülasyon türüdür.
- PPM'de, *her darbenin zaman içindeki pozisyonu modüle edilen sinyalin genliğine bağlı olarak değiştirilir.*
- Bu teknik, özellikle *düşük güç tüketimi* ve *yüksek gürültü bağıışıklığı* gerektiren uygulamalarda kullanılır.
- PPM'in Avantajları:
 - *Gürültüye karşı dayanıklı:* Amplitüd modülasyonuna (AM) kıyasla daha az etkilenir.
 - *Enerji verimli:* Darbelerin genliği sabit olduğu için enerji verimliliği yüksektir.
 - *Bant genişliği etkin kullanılır:* Darbeler arasında zamanlama değişikliği olduğu için genlik veya faz modülasyonuna göre daha verimli olabilir.
- PPM'in Dezavantajları:
 - *Senkronizasyon gerektirir:* Alıcı ve verici arasında hassas zaman senkronizasyonu gerektirir.
 - *Daha karmaşık devre yapısı gerektirir:* Darbe genişlik modülasyonuna (PWM) kıyasla daha karmaşık alıcı devresi gerekir.

PPM Modülatörü ve Demodülatörü

2. PPM Modülasyon İşlemi

- PPM modülatörü, öncelikle bir **genlik modüleli sinyali (örneğin bir ses sinyalini)** alır ve bunu bir **PWM (Pulse Width Modulation - Darbe Genişlik Modülasyonu)** sinyaline dönüştürerek işler.
- Daha sonra bu *PWM sinyalinden referans darbeler üretilir* ve *bu darbelerin zaman konumu değiştirilerek* PPM sinyali oluşturulur.
- **PPM Modülatör Devre Elemanları:**
 - **Düşük Geçiren Filtre (LPF):** Analog sinyaldeki yüksek frekans bileşenlerini süzerek pürüzsüz bir sinyal üretir.
 - **Karşılaştırıcı (Comparator):** Giriş sinyalini bir üçgen veya testere dişi dalga ile karşılaştırarak PWM sinyalini oluşturur.
 - **Monostable Multivibrator:** PWM sinyalinden zaman kaydırılmış darbeler üretir.
 - **Saat (Clock) ve Referans Darbe Üretici:** Referans darbeleri oluşturur ve zamanlamayı sağlar.

PPM Modülatörü ve Demodülatörü

➤ PPM Modülasyonu Matematiksel Model

- Bir analog bilgi sinyali $m(t)$, bir taşıyıcı darbe dizisi ile örneklenerek PPM sinyali üretilir.
- PPM'deki darbenin konumu şu şekilde hesaplanır:

$$t_i = iT + km(iT)$$

Burada:

- t_i : i. darbenin konumu,
- T : Darbe periyodu,
- k : Modülasyon katsayısı,
- $m(iT)$: Modüle edilen sinyalin örneklenmiş hali.

PPM Modülatörü ve Demodülatörü

3. PPM Demodülasyon İşlemi

- PPM sinyalini demodüle etmek için alıcı tarafta bir **referans darbe dizisi** ile gelen PPM sinyalinin zaman farkı ölçülür ve bu fark analog bilgi sinyaline dönüştürülür.
- **PPM Demodülatör Devre Elemanları:**
 - **Zaman Ölçer (Time Interval Counter):** Darbelerin geliş zamanlarını ölçer.
 - **Gerilim Kontrollü Osilatör (VCO - Voltage Controlled Oscillator):** Darbelerin zaman farkına göre analog çıkış üretir.
 - **Alçak Geçiren Filtre (LPF):** Analog sinyali pürüzsüzleştirir.
- **Matematiksel Model**

$$m(iT) = \frac{t_i - iT}{k}$$

Burada;

t_i : Ölçülen darbe zamanı

PPM Modölatörü ve Demodölatörü

3. PPM Uygulamaları

- PPM, aşağıdaki alanlarda yaygın olarak kullanılır:
 - **Fiber optik haberleşme:** PPM, optik haberleşmede düşük güç tüketimi ve yüksek veri aktarım kapasitesi için kullanılır.
 - **Uzay haberleşmesi:** Derin uzay haberleşmesinde PPM, yüksek gürültü bağışıklığı sağladığı için tercih edilir.
 - **Uzaktan kumandalar:** IR (Kızılötesi) kumandalarda PPM tekniği kullanılır.
 - **Radyo kontrollü sistemler:** Havacılık ve askeri uygulamalarda kullanılmaktadır.
- PPM ve Diğer Darbe Modülasyon Teknikleri Karşılaştırması

Modülasyon Türü	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
PWM (Pulse Width Modulation)	Darbenin genişliği bilgi sinyali ile modüle edilir.	Daha kolay devre tasarımı, yüksek hassasiyet	Daha fazla bant genişliği gerektirir
PPM (Pulse Position Modulation)	Darbenin konumu bilgi sinyali ile değiştirilir.	Daha az bant genişliği kullanır, gürültüye dayanıklı	Senkronizasyon gerektirir
PAM (Pulse Amplitude Modulation)	Darbe genliği bilgi sinyali ile modüle edilir.	En basit darbe modülasyonu	Gürültüye çok duyarlı, yüksek güç tüketimi

PPM Modölatörü ve Demodölatörü

3. PPM Modölasyon ve Demodölasyon Uygulaması

```

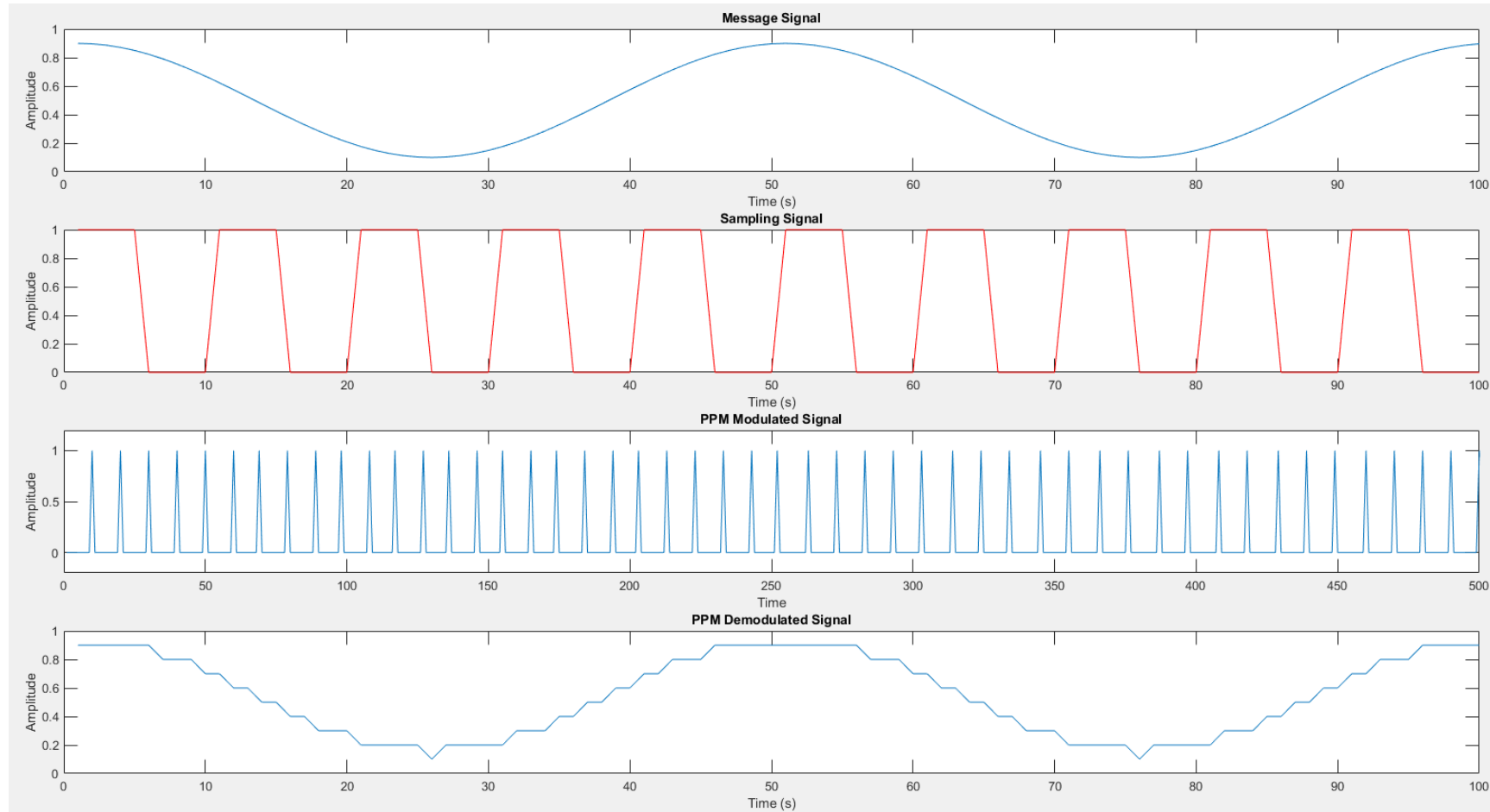
1 -   clc;                % Komut penceresini temizle
2 -   clear all;         % Çalışma alanındaki tüm değişkenleri temizle
3 -   close all;         % Açık tüm grafik pencerelerini kapat
4
5   % Sabitlerin tanımlanması
6 -   fc = 1000; % Taşıyıcı frekansı (Carrier Frequency)
7 -   fs = 10000; % Örnekleme frekansı (Sampling Frequency)
8 -   fm = 200; % Mesaj sinyali frekansı (Message Frequency)
9
10  % Zaman vektörü oluşturuluyor (2 periyotluk mesaj sinyali)
11 -   t = 0:1/fs:((2/fm)-(1/fs));
12
13  % Mesaj sinyali oluşturuluyor (0.4*cos(2*pi*fm*t) + 0.5)
14 -   X = 0.4 * cos(2 * pi * fm * t) + 0.5;
15
16  % Örnekleme sinyali oluşturuluyor (kare dalga olarak)
17 -   sampling_signal = square(2 * pi * fc * t) > 0;
18
19  % PPM (Pulse Position Modulation) modölasyonu uygulanıyor
20 -   Y = modulate(X, fc, fs, 'PPM');
21
22  % PPM demodölasyonu uygulanıyor
23 -   demoddi = demod(Y, fc, fs, 'ppm');
```

```

24
25  % Mesaj sinyalinin çizdirilmesi
26 -   subplot(4,1,1);
27 -   plot(X);
28 -   title('Message Signal');
29 -   xlabel('Time (s)');
30 -   ylabel('Amplitude');
31
32  % Örnekleme sinyalinin çizdirilmesi
33 -   subplot(4, 1, 2);
34 -   plot(sampling_signal, 'r'); % Stem kullanılarak örnekleme noktaları gösteriliyor
35 -   title('Sampling Signal');
36 -   xlabel('Time (s)');
37 -   ylabel('Amplitude');
38
39  % PPM modüle edilmiş sinyalin çizdirilmesi
40 -   subplot(4,1,3);
41 -   plot(Y);
42 -   axis([0 500 -0.2 1.2]); % Zaman eksenini tam gösterilecek şekilde ayarlandı
43 -   title('PPM Modulated Signal');
44 -   xlabel('Time');
45 -   ylabel('Amplitude');
46
47  % Demodüle edilmiş sinyalin çizdirilmesi
48 -   subplot(4,1,4);
49 -   plot(demoddi);
50 -   title('PPM Demodulated Signal');
51 -   xlabel('Time (s)');
52 -   ylabel('Amplitude');
```

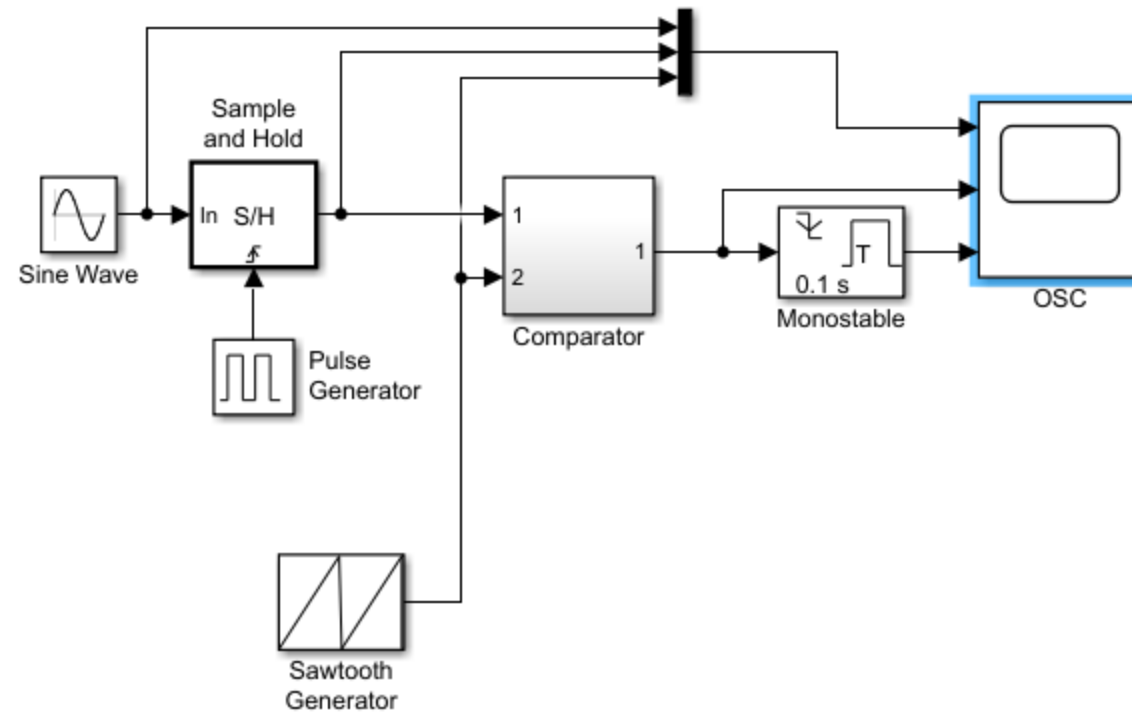
PPM Modülatörü ve Demodülatörü

3. PPM Modülasyon ve Demodülasyon Uygulaması



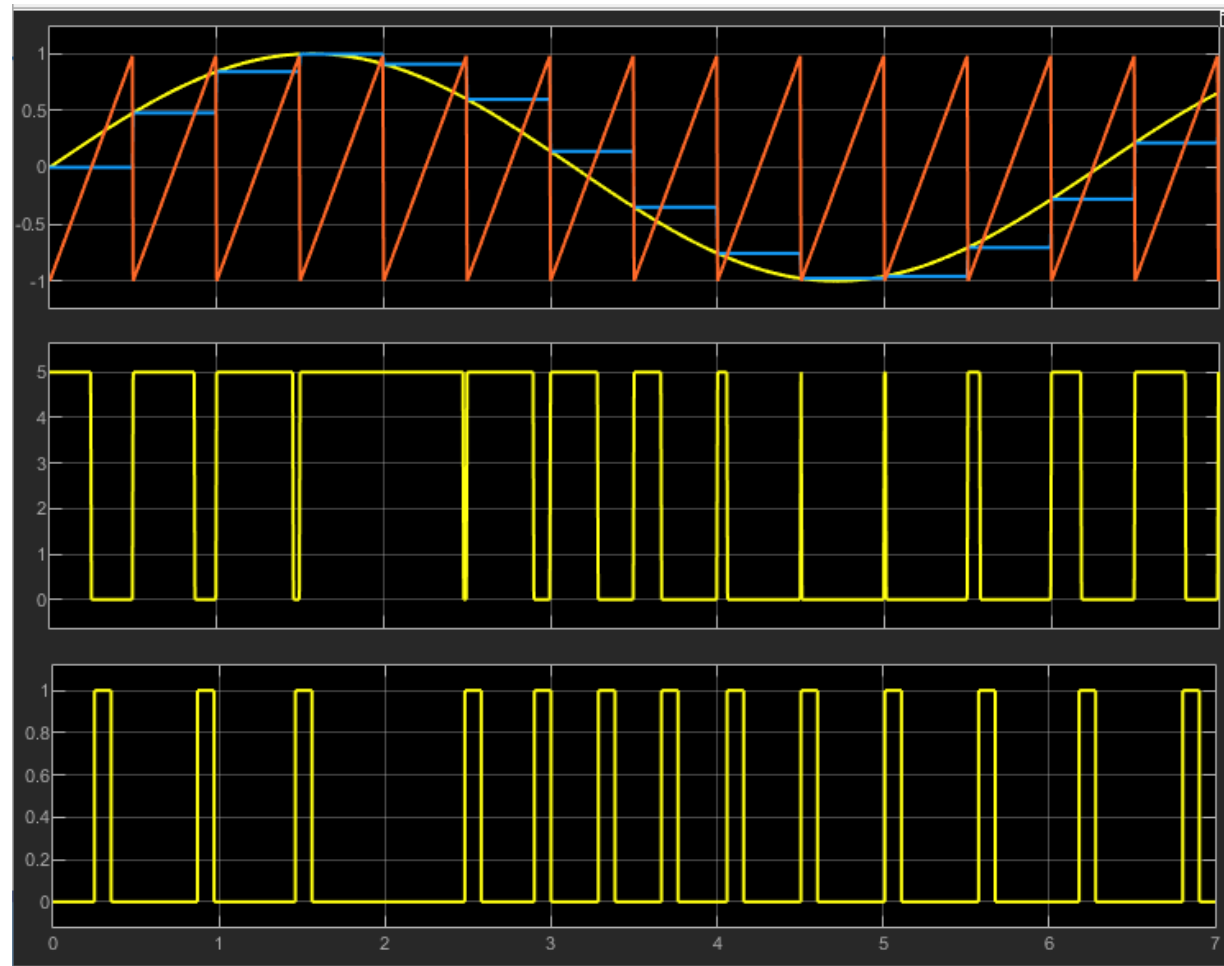
PPM Modülatörü ve Demodülatörü

3. PPM Modülasyon ve Demodülasyon Uygulaması



PPM Modülatörü ve Demodülatörü

3. PPM Modülasyon ve Demodülasyon Uygulaması



PPM Modölatörü ve Demodölatörü

3. PPM Modöstasyon ve Demodöstasyon Uygulaması

Block Parameters: Sine Wave

Sine Wave

Output a sine wave:

$$O(t) = \text{Amp} \cdot \sin(\text{Freq} \cdot t + \text{Phase}) + \text{Bias}$$

Sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:

$$\text{Samples per period} = 2 \cdot \pi / (\text{Frequency} \cdot \text{Sample time})$$

$$\text{Number of offset samples} = \text{Phase} \cdot \text{Samples per period} / (2 \cdot \pi)$$

Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.

Parameters

Sine type: Time based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 1

Bias: 0

Frequency (rad/sec): 1

Phase (rad): 0

Sample time: 0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Pulse Generator

Pulse Generator

Output pulses:

```
if (t >= PhaseDelay) && Pulse is on
    Y(t) = Amplitude
else
    Y(t) = 0
end
```

Pulse type determines the computational technique used.

Time-based is recommended for use with a variable step solver, while Sample-based is recommended for use with a fixed step solver or within a discrete portion of a model using a variable step solver.

Parameters

Pulse type: Time based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 1

Period (secs): 0.5

Pulse Width (% of period): 50

Phase delay (secs): 0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Sawtooth Generator

Sawtooth Generator (mask) (link)

Generate a sawtooth wave with peak of -1 to +1.

Parameters

Frequency (Hz): 2

Phase (degrees): 0

Sample time: 0

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Sample and Hold

Sample and Hold (mask) (link)

Sample and hold the input signal. If Latch (buffer) input is selected, then this block produces the value of the input from the previous time step.

Parameters

Trigger type: Rising edge

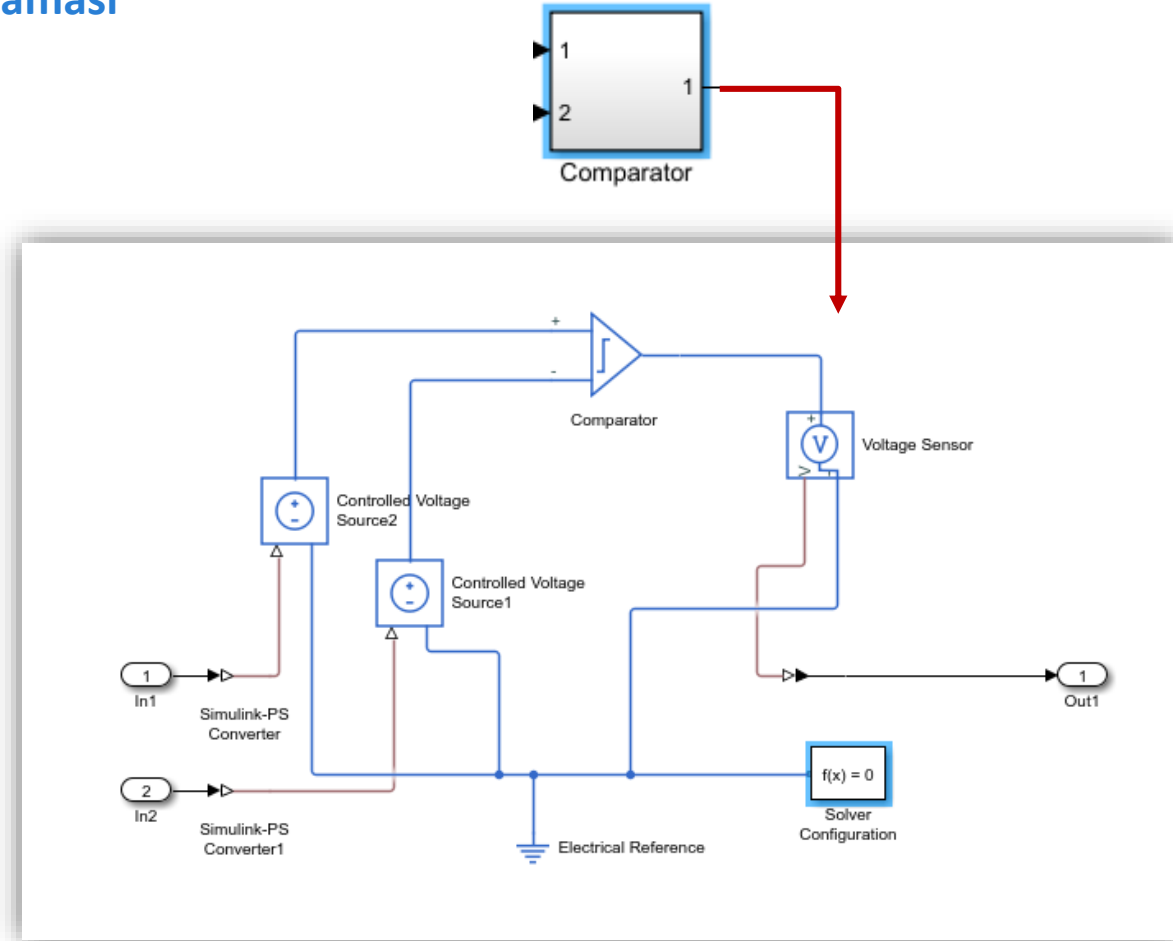
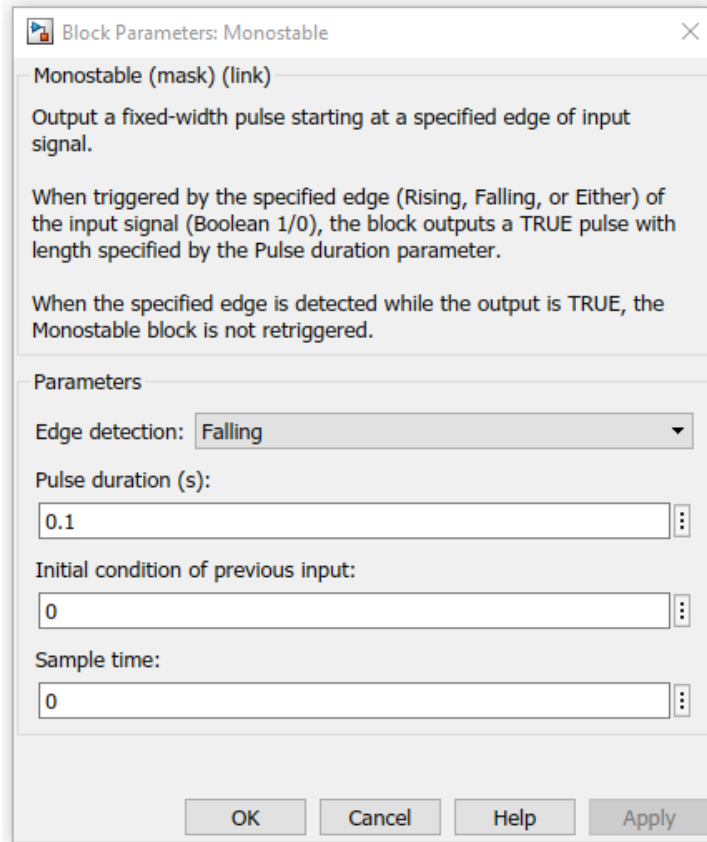
Initial condition: 0

☐ Latch (buffer) input

OK Cancel Help Apply

PPM Modülatörü ve Demodülatörü

3. PPM Modülasyon ve Demodülasyon Uygulaması



PPM Modölatörü ve Demodölatörü

3. PPM Modölyasyon ve Demodölyasyon Uygulaması

Block Parameters: Simulink-PS Converter

Simulink-PS Converter

Converts the Simulink input signal to a Physical Signal.

The unit expression in 'Input signal unit' parameter is associated with the Simulink input signal and determines the unit assigned to the Physical Signal.

'Apply affine conversion' check box is only relevant for units with offset (such as temperature units).

If the selected solver requires input derivatives, you can either provide them explicitly through additional signal ports, or turn on input filtering to calculate time derivatives. The first-order filter provides one derivative, while the second-order filter provides the first and second derivatives. For piecewise-constant signals, you can also explicitly set the input derivatives to zero.

Parameters

Units Input Handling

Input signal unit: 1

☐ Apply affine conversion

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Comparator

Comparator

This block implements a simplified model of a comparator. Set the input offset, output low and output high voltages for the supply voltage used. Default output parameters are for a supply voltage of 5 volts.

Settings

Inputs Outputs

Input offset voltage: 5 mV

Average input capacitance: 0 pF

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Solver Configuration

Solver Configuration

Defines solver settings to use for simulation.

Parameters

☐ Start simulation from steady state

Consistency tolerance: 1e-09

☐ Use local solver

Solver type: Backward Euler

Sample time: 0.001

Partition method: Fast simulation

Partition storage method: As needed

Partition memory budget [kB]: 1024

☐ Use fixed-cost runtime consistency iterations

Nonlinear iterations: 3

Mode iterations: 2

☐ Compute impulses

Impulse iterations: 2

Linear Algebra: Sparse

Equation formulation: Time

Delay memory budget [kB]: 1024

OK Cancel Help Apply