



MEKATRONİK BÖLÜMÜ
BİLGİSAYARLI KONTROL SİSTEMLERİ

Ders Kodu:	MKT2002		Tarih:	14.03.2025
Sınav Türü:	Ödev 1		Bitiş:	28.03.2025
Dönemi:	2024-2025		Süre:	2 Hafta

	Toplam
Puan:	100
Not:	110

Uyarı:

- Soruları dikkatlice okuyunuz. Hesap makinesi kullanılabilir.
- İşlemleri atlamadan ve ayrıntılı olarak veriniz. Sadece nümerik yanıtlar veya çizimler ara işlemler olmadan kabul edilmemektedir.

Soru: Aktif süspansiyon sistemi için diferansiyel denklem takımı

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= x_2 - x_4 \\
 \frac{dx_2}{dt} &= \frac{-k_s}{m_s}x_1 - \frac{b_s}{m_s}x_2 + \frac{b_s}{m_s}x_4 + \frac{1}{m_s}w + \frac{1}{m_s}u \\
 \frac{dx_3}{dt} &= x_4 \\
 \frac{dx_4}{dt} &= \frac{k_s}{m_{us}}x_1 + \frac{b_s}{m_{us}}x_2 - \frac{k_{us}}{m_{us}}x_3 - \frac{b_s + b_{us}}{m_{us}}x_4 - \frac{1}{m_{us}}w - \frac{1}{m_{us}}u
 \end{aligned} \tag{1}$$

olarak verilmiştir ve Şekil 1 ile gösterilmektedir. x_1 gövdenin yer değiştirmesi, x_2 gövdenin hızı, x_3 tekerin yer değiştirmesi ve x_4 ise tekerin dikey hızıdır. Fark denklemlerini elde ediniz. **Çözüm:** Birinci dereceden türev

Açıklama	Değişken	Değer
Gövde kütlesi	m_s	2.45
Süspansiyon kütlesi	m_{us}	1
Süspansiyon yay sabiti	k_s	900
Teker yay sabiti	k_{us}	1250
Süspansiyon damper katsayısı	b_s	7.5
Teker damper katsayısı	b_{us}	5

Tablo 1: Süspansiyon modeli parametreleri

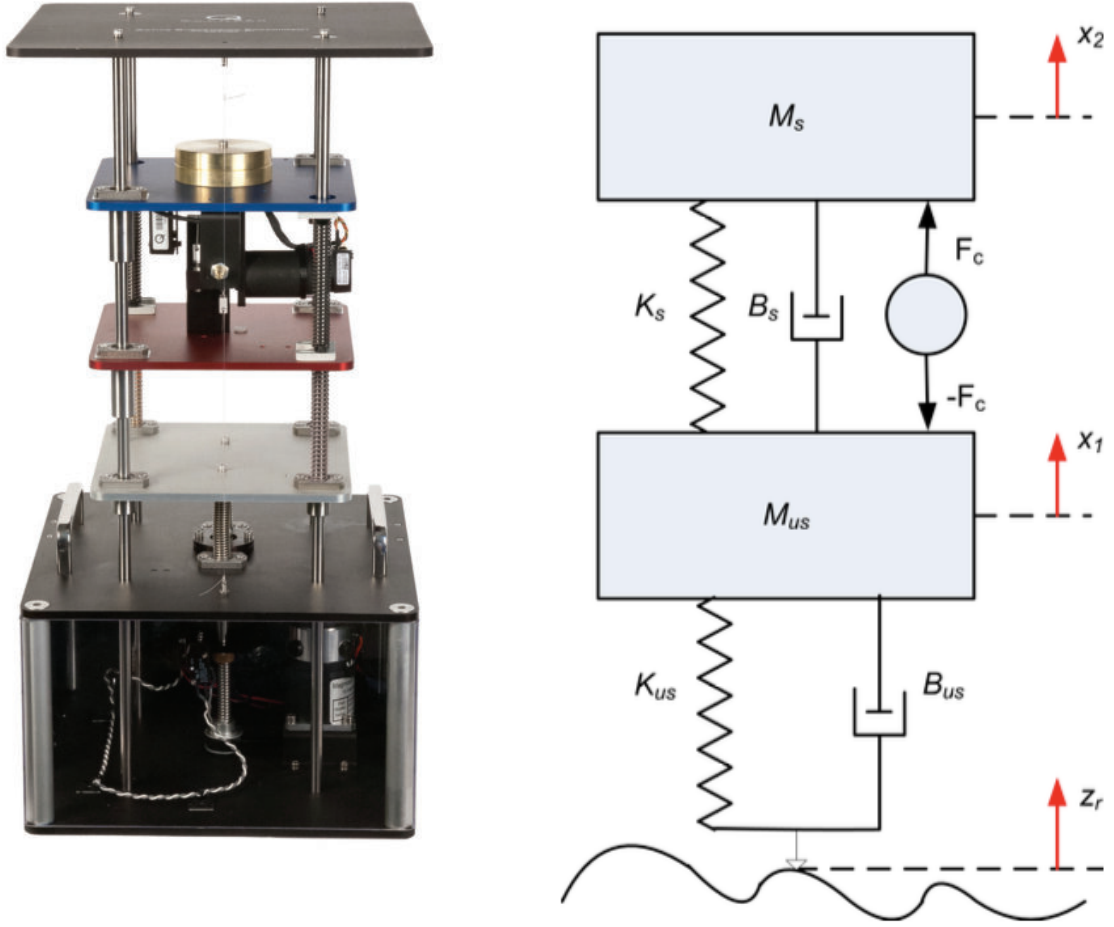
$$\frac{dx}{dt} = \frac{x(k) - x(k-1)}{T} \tag{2}$$

olarak ayrıklaştırılabilir. Bu durumda denklemler

$$\begin{aligned}
 \frac{x_1(k) - x_1(k-1)}{T} &= x_2(k-1) - x_4(k-1) \\
 \frac{x_2(k) - x_2(k-1)}{T} &= \frac{-k_s}{m_s}x_1(k-1) - \frac{b_s}{m_s}x_2(k-1) + \frac{b_s}{m_s}x_4(k-1) + \frac{1}{m_s}w(k-1) + \frac{1}{m_s}u(k-1) \\
 \frac{x_3(k) - x_3(k-1)}{T} &= x_4(k-1) \\
 \frac{x_4(k) - x_4(k-1)}{T} &= \frac{k_s}{m_{us}}x_1(k-1) + \frac{b_s}{m_{us}}x_2(k-1) - \frac{k_{us}}{m_{us}}x_3(k-1) - \frac{b_s + b_{us}}{m_{us}}x_4(k-1) - \frac{1}{m_{us}}w(k-1) - \frac{1}{m_{us}}u(k-1)
 \end{aligned} \tag{3}$$

ve

$$\begin{aligned}
 x_1(k) &= x_1(k-1) + T x_2(k-1) - T x_4(k-1) \\
 x_2(k) &= \frac{-k_s T}{m_s}x_1(k-1) + \frac{m_s - b_s T}{m_s}x_2(k-1) + \frac{b_s T}{m_s}x_4(k-1) + \frac{T}{m_s}u(k-1) \\
 x_3(k) &= x_3(k-1) + T x_4(k-1) - T w(k-1) \\
 x_4(k) &= \frac{k_s T}{m_{us}}x_1(k-1) + \frac{b_s T}{m_{us}}x_2(k-1) - \frac{k_{us} T}{m_{us}}x_3(k-1) + \frac{m_{us} - b_s T - b_{us} T}{m_{us}}x_4(k-1) + \frac{b_{us} T}{m_{us}}w(k-1) - \frac{T}{m_{us}}u(k-1)
 \end{aligned} \tag{4}$$

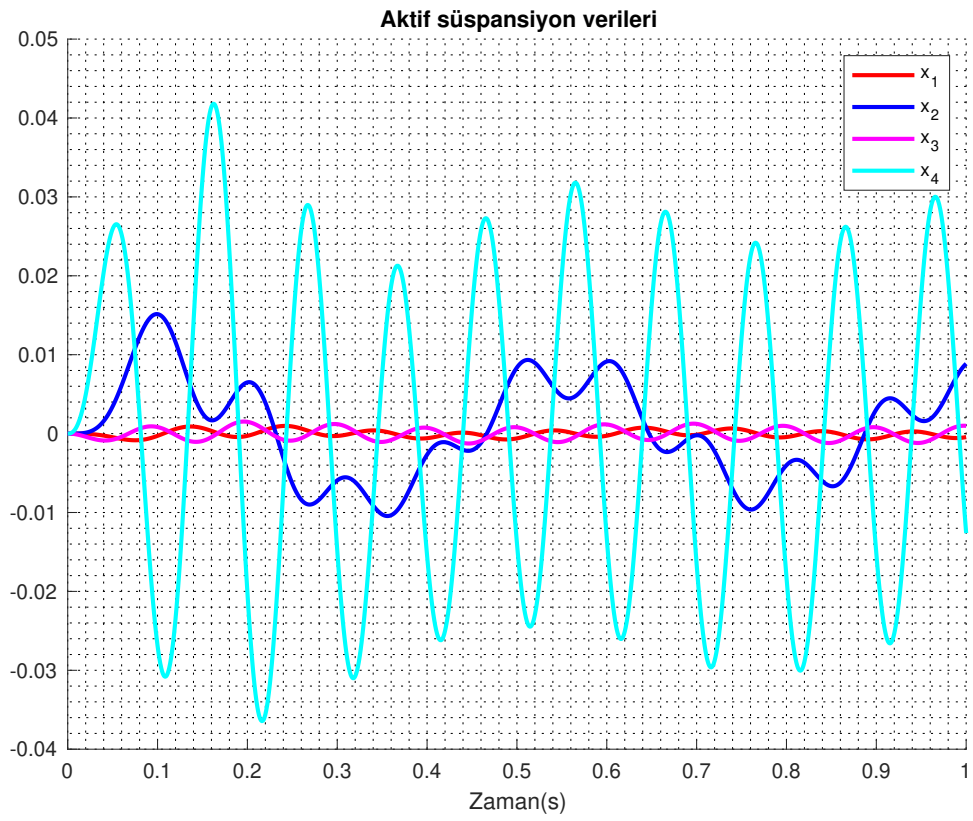


Şekil 1: Aktif süspansiyon sistemi ve modeli

olarak yazılabilmektedir. Değerler yerine yazılırsa

$$\begin{aligned}
 x_1(k) &= x_1(k-1) + 0.001x_2(k-1) - 0.001x_4(k-1) \\
 x_2(k) &= -0.36x_1(k-1) + 0.997x_2(k-1) + 0.003x_4(k-1) \\
 x_3(k) &= x_3(k-1) + 0.001x_4(k-1) - 0.001w(k-1) \\
 x_4(k) &= 0.9x_1(k-1) + 0.0075x_2(k-1) - 1.25x_3(k-1) + 0.9875x_4(k-1) + 0.005w(k-1)
 \end{aligned} \tag{5}$$

Extra:Fark denklemlerini kullanarak u girişine sıfır ve $w = 0.04\sin(2\pi 10t)$ uygulayınız ve x_1 , x_2 , x_3 ve x_4 değişkenlerini çözümlünüz. Çözümü 0 – 1 s arasında oluşturunuz.



Şekil 2: Extra soru için elde edilen çizim