

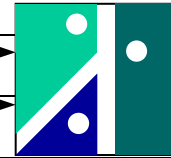
Modellbildung und Simulation WS 12/13
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine weiteren Einschränkungen

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

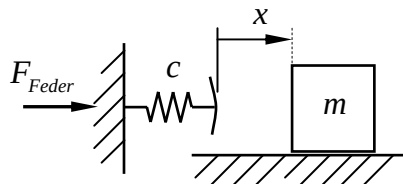


HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Modellbildung und Simulation
 Prüfung 24.01.2013

Hinweis zum Abspeichern: Die abzuspeichernden Ergebnisdateien beginnen mit den sechs Buchstaben *nnnvvv*. Dabei steht *nnn* für die ersten drei Buchstaben des Nachnamens und *vvv* für die ersten drei Buchstaben des Vornamens.

Aufgabe 1 (14P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.mdl*

Die abgebildete Masse beginnt den Bewegungsablauf mit einer Anfangsgeschwindigkeit $\dot{x}(t=0) = v_0$ (Bem.: v_0 wird unten negativ vorgegeben) und der Anfangsauslenkung $x(t=0) = x_0$. Reibungseffekte werden vernachlässigt. Die Masse erreicht nach kurzer Zeit die Feder. Entsprechend der Einsenkung der Feder entsteht eine Federkraft, die eine Richtungsumkehr im Bewegungsablauf einleitet. Durch die Kontaktbedingung kann die Federkraft nur positiv sein.



Formeln zur Lösung der Aufgabenstellung:

$$m \cdot \ddot{x} = +F_{\text{Feder}} \quad \text{mit} \quad F_{\text{Feder}} = -c \cdot x \quad \text{wobei: } F_{\text{Feder}} \geq 0$$

Berechnen Sie den Verlauf des Schwingweges x für den Zeitraum $0 \leq t \leq 2,2\text{s}$! Geben Sie zunächst die Parameter in Matlab vor. Die weitere Aufgabe kann komplett in Simulink gelöst werden. In dem Scope-Block soll $x(t)$ graphisch dargestellt werden. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1$ Millisekunde. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

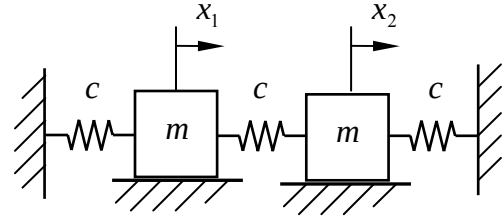
Zahlenwerte:

$$m = 2 \text{ kg}; \quad c = 500 \text{ N/m}; \quad v_0 = -0,2 \text{ m/s}; \quad x_0 = +0,2 \text{ m}$$

Aufgabe 2 (20P)

Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.mdl*

Das abgebildete Schwingungssystem hat die beiden Freiheitsgrade x_1 und x_2 . Bedingt durch die Symmetrie können die beiden möglichen Schwingformen durch geeignete Anfangsbedingungen sichtbar gemacht werden.



Die Differentialgleichungen zur Beschreibung des Bewegungsablaufes lauten:

$$m \cdot \ddot{x}_1 = -c \cdot x_1 - c \cdot (x_1 - x_2)$$

$$m \cdot \ddot{x}_2 = -c \cdot x_2 - c \cdot (x_2 - x_1)$$

Nach Vorgabe der Daten (m und c sowie der Anfangsbedingungen) in Matlab soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung wird wieder in MATLAB realisiert. Das Simulink-Modell wird zweimal aufgerufen und zwar mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen.

Fall A (Massen schwingen in "gleicher Phase"):

Mit dem subplot-Befehl wird im oberen Teil der Ergebnisgraphik der Schwingungsverlauf $x_1(t)$ und $x_2(t)$ mit folgenden Anfangsbedingungen dargestellt: $x_1(t=0) = x_{10} = x_0$ und $x_2(t=0) = x_{20} = x_0$

Bem: beide Massen nach rechts ausgelenkt.

Fall B (Massen schwingen in "Gegenphase"):

Mit dem subplot-Befehl wird im unteren Teil der Ergebnisgraphik der Schwingungsverlauf $x_1(t)$ und $x_2(t)$ mit folgenden Anfangsbedingungen dargestellt: $x_1(t=0) = x_{10} = x_0$ und $x_2(t=0) = x_{20} = -x_0$

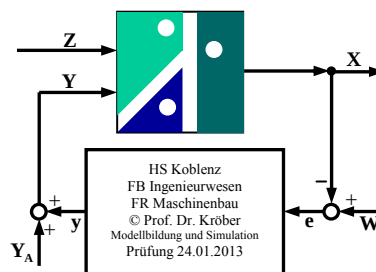
Bem: eine Masse nach rechts ausgelenkt, die andere Masse nach links ausgelenkt.

Die Anfangsgeschwindigkeiten sind jeweils gleich Null.

Zahlenwerte:

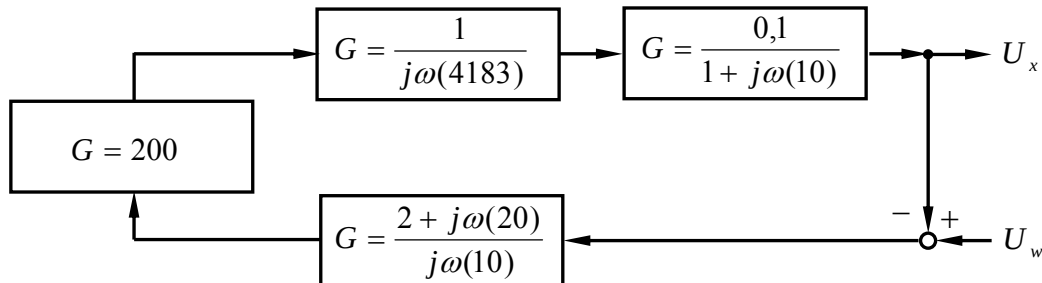
$m = 2 \text{ kg}$; $c = 500 \text{ N/m}$; $x_0 = 0,2 \text{ m}$

Die Simulationsdauer soll 2 Sekunden betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1 \text{ Millisekunde}$. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.



Aufgabe 3 (14P) Ergebnisdatei → *nnnvvv3_sl.mdl*

In der letzten Regelungstechnikprüfung wurde die Temperaturregelung eines Wasserbehälters untersucht. Die Reglereinstellung an der Stabilitätsgrenze (führt Dauerschwingungen aus) mit dem gesamten Regelkreis ist in dem unten abgebildeten Wirkungsplan dargestellt:



Die Lösung soll komplett in Simulink erfolgen. Alle Anfangsbedingungen seien gleich Null. Der Sollwert U_w soll zur Zeit $t = 5s$ von $U_w = 0$ auf $U_w = 5$ variiert werden (Sprungfunktion). Bem.: Hier wurden alle Einheiten weggelassen, d.h. alle Berechnungen erfolgen in SI-Einheiten.

Erstellen Sie ein Simulink-Modell und verwenden Sie den Scope-Block zur Darstellung des Verlaufes der Regelgröße U_x in Abhängigkeit der Zeit. Die Simulationszeit soll 500 Sekunden betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 0,1$ Sekunden. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

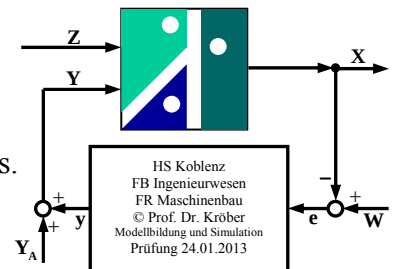
Hinweis für "Wissensdurstige":

Bei $G = \frac{2 + j\omega(20)}{j\omega(10)} = 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega(10)}\right)$ handelt es sich um einen PI-Regler mit $K_p = 2$ und $T_n = 10$ s.

Aufgabe 4 (16P) Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

Die folgende Rekursionsgleichung beschreibt das Verhalten eines PID-Reglers.

$$y_i = y_{i-1} + 6,25 \cdot e_i - 10 \cdot e_{i-1} + 4 \cdot e_{i-2}$$



Im Folgenden soll die Sprungantwort berechnet werden (e_i bleibt ab $i=2$ konstant auf dem Wert $e=1$). Die zur Lösung der Aufgabe erforderlichen Anfangsbedingungen können auch aus der Tabelle entnommen werden ($y_0 = 0$; $y_1 = 0$).

Wertetabelle:

i	0	1	2	3	4	5
e_i	0	0	1	1	1	1
y_i	0	0				

Die Laufindex i soll bis $i = 20$ laufen, d.h. es soll $y_2, y_3, \dots, y_{19}$ und y_{20} bestimmt werden. Im Excel-Sheet sollen in der ersten Spalte die Werte für y_i ausgegeben werden und zwar $y_0, y_1, \dots, y_{20}$.

Eine Graphik ist nicht erforderlich. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden.

Aufgabe 5 (16P) Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

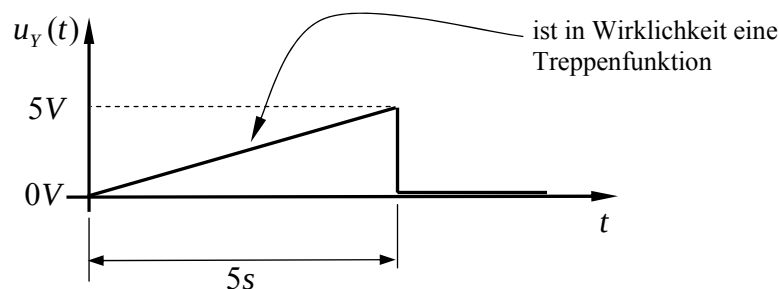
Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. Das Ergebnis soll in einem "Array-Fenster" numerisch dargestellt werden. Das "Array-Fenster" soll so "groß gezogen" werden, dass alle Werte auf einen Blick ersichtlich sind.

Aufgabe 6 (20P) Ergebnisdatei → *nnnvvv6.vi*

Mit dem USB6008 ist durch das Steckmodul eine externe PT₂-Regelstrecke angeschlossen. Dabei wird die Stellgröße u_Y auf AnalogOutput1 ausgegeben und die Regelgröße u_X wird über AnalogInput3 eingelesen.

Zur Lösung dieser Ausgabe kann als Ausgangspunkt ein geeignetes vorhandenes Programm verwendet werden. Es ist nur "entsprechend" abzuändern.

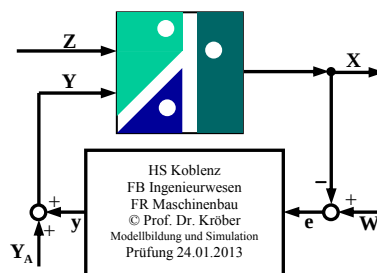
Der Zeitschritt für die einzusetzende "while-Schleife" soll 200 ms betragen. Die Ausgangsspannung soll folgenden Verlauf haben:



Die Ausgangsspannung ist zunächst gleich Null (beim ersten Durchlauf) und wird dann bei jedem Durchlauf um 0,2 V erhöht. Dann ergibt sich nach 25 Durchläufen ein Wert von 5V. Danach soll die Ausgangsspannung wieder auf Null gesetzt werden.

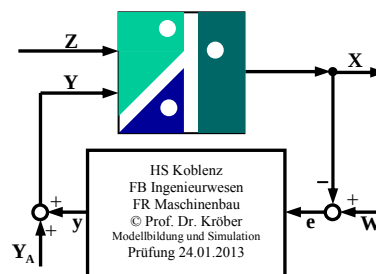
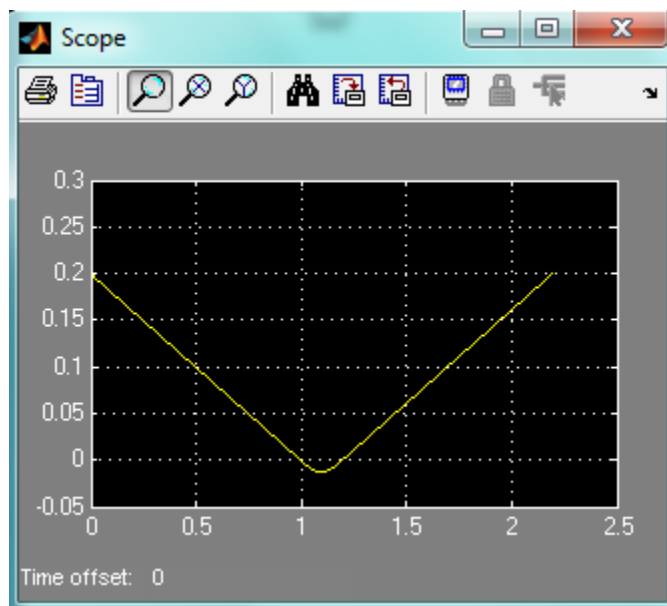
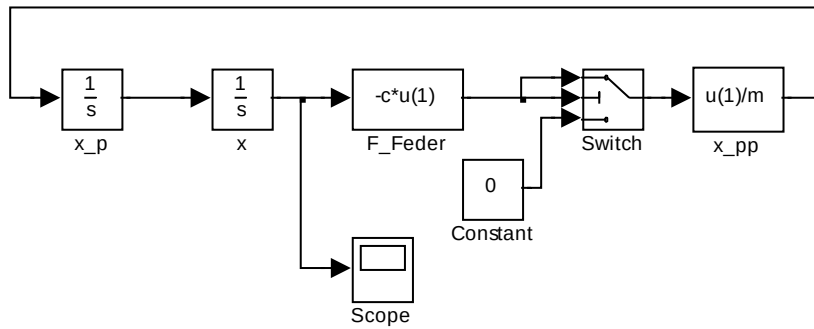
In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

Das Programm kann zu einem Zeitpunkt $t \gg 5$ Sekunden z.B. durch Betätigen einer Stop-Schaltfläche beendet werden.



Prüfung 24.01.2013 / Lösung zur Aufgabe 1

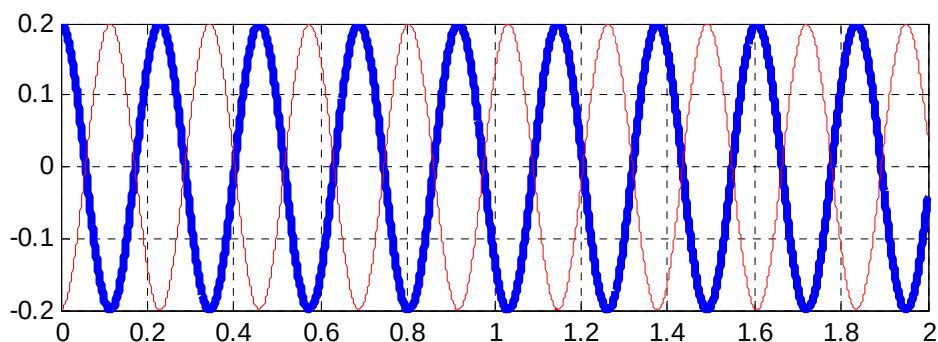
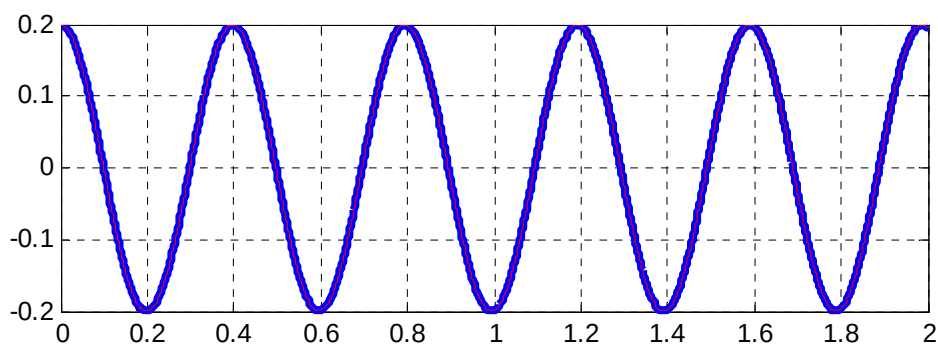
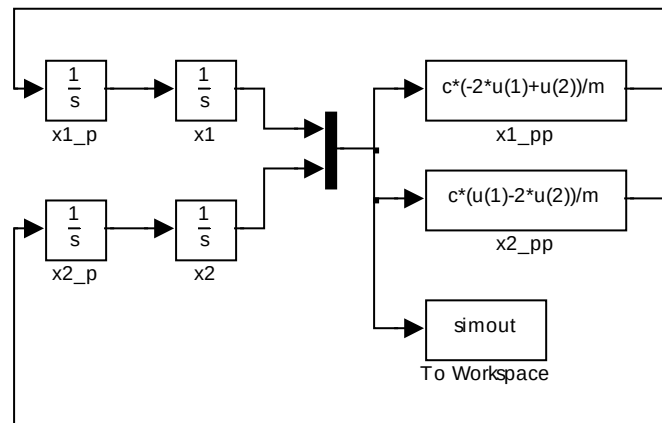
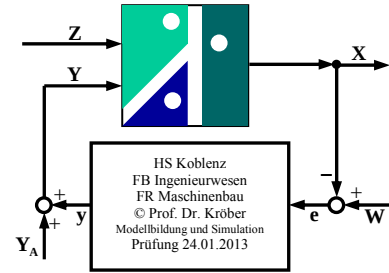
```
clear;clc;
m=2;
c=500;
v0=-0.2;
x0=0.2;
sim('krowol1_sl');
```

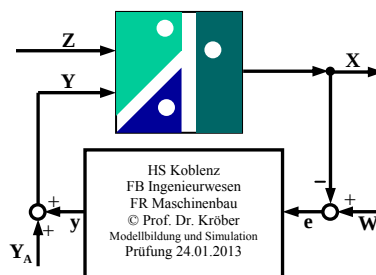
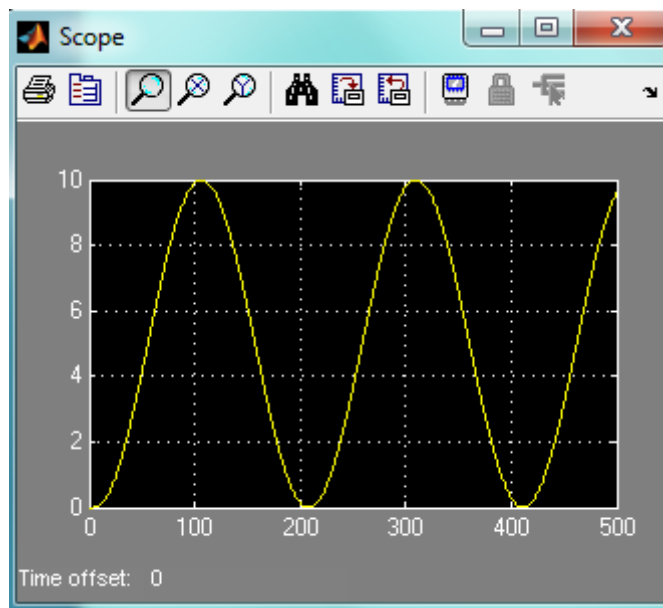
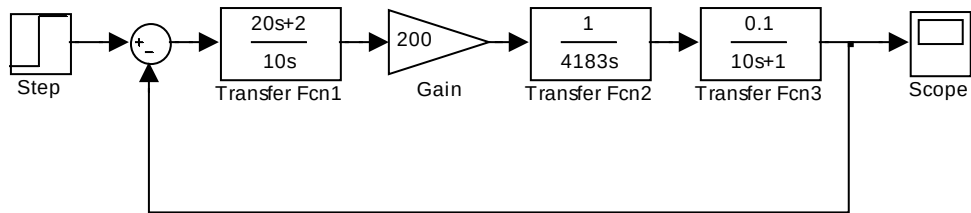


```
clear;clc;
m=2;
c=500;
x0=0.2;

x10=x0;
x20=x0;
sim('krowol2_sl');
subplot(2,1,1);
plot(simout.time,simout.signals.values(:,1),'LineWidth',3);
grid;hold on;
plot(simout.time,simout.signals.values(:,2),'red');
hold off;

x10=x0;
x20=-x0;
sim('krowol2_sl');
subplot(2,1,2);
plot(simout.time,simout.signals.values(:,1),'LineWidth',3);
grid;hold on;
plot(simout.time,simout.signals.values(:,2),'red');
hold off;
```





```

Sub Makro1()
'
' Makro1 Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'

    Dim e(20), y(20) As Double

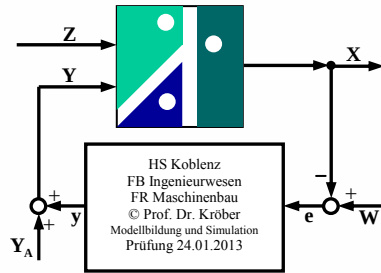
    e(0) = 0
    e(1) = 0
    For i = 2 To 20
        e(i) = 1
    Next i

    y(0) = 0
    y(1) = 0
    For i = 2 To 20
        y(i) = y(i - 1) + 6.25 * e(i) - 10 * e(i - 1) + 4 * e(i - 2)
    Next i

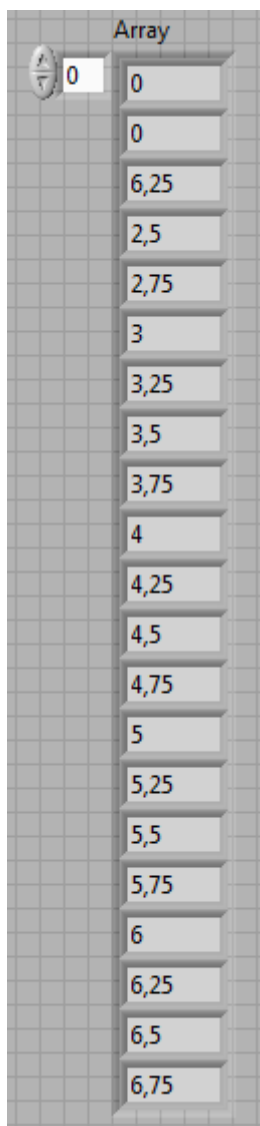
    For i = 0 To 20
        Cells(i + 1, 1) = y(i)
    Next i

End Sub

```



	A	B
1	0	
2	0	
3	6,25	
4	2,5	
5	2,75	
6	3	
7	3,25	
8	3,5	
9	3,75	
10	4	
11	4,25	
12	4,5	
13	4,75	
14	5	
15	5,25	
16	5,5	
17	5,75	
18	6	
19	6,25	
20	6,5	
21	6,75	
22		



```

float e[21],y[21];
int i;

e[0]=0;
e[1]=0;
for(i=2;i<21;i++)e[i]=1;

y[0]=0;
y[1]=0;
for(i=2;i<21;i++)
{
y[i]=y[i-1]+6.25*e[i]-10*e[i-1]+4*e[i-2];
}
    
```

