

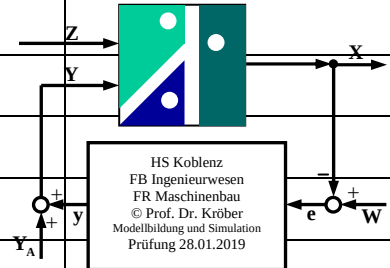
Modellbildung und Simulation WS 18/19
 Prof. Dr. W. Kröber

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	



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.

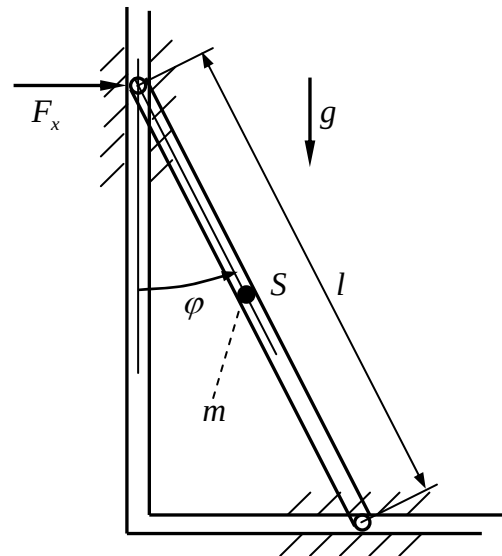
Aufgabe 1 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

Der abgebildete dünne, homogene Stab mit der Masse *m* ist am oberen Ende vertikal und am unteren Ende horizontal reibungsfrei geführt. Der Stab wird bei einem Anfangswinkel $\varphi_0 = 30^\circ$ aus der Ruhe losgelassen und bewegt sich dann nach unten. Die Bewegung wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\ddot{\varphi} = \frac{3 \cdot g}{2 \cdot l} \cdot \sin(\varphi)$$

Für die Kraft F_x gilt:

$$F_x = m \cdot \frac{l}{2} \cdot [\ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi)]$$



Weitere gegebene Daten: $l = 1,2 \text{ m}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $m = 0,5 \text{ kg}$; $t_{\text{sim}} = 0,5 \text{ s}$; $\Delta t = 0,001 \text{ s}$

Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Der Plot soll aus zwei Teilen bestehen. Im oberen Teil sollen der Winkel φ (im Gradmaß) in Abhängigkeit der Zeit *t* dargestellt werden, im unteren Teil die Kraft F_x in Abhängigkeit der Zeit. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine".

Aufgabe 2 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.slx*

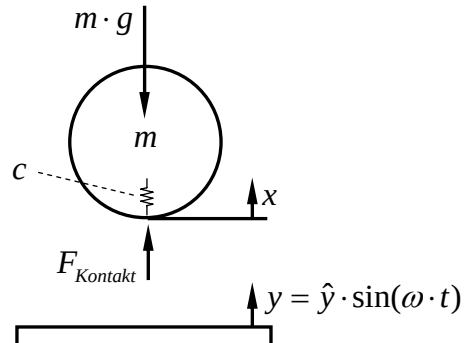
Eine Platte bewegt sich sinusförmig auf und ab. Auf der Platte liegt ein Ball. Durch die Auf- und Abwärtsbewegung der Platte kann der Ball abheben und wird aufgrund der Gravitationskraft zu einem späteren Zeitpunkt auch wieder Kontakt mit der Platte haben.

Hilfestellungen

Newton: $m \cdot \ddot{x} = F_{\text{Kontakt}} - m \cdot g$

wobei: $F_{\text{Kontakt}} = c \cdot (y - x) + m \cdot g$

dabei jedoch: $F_{\text{Kontakt}} \geq 0$



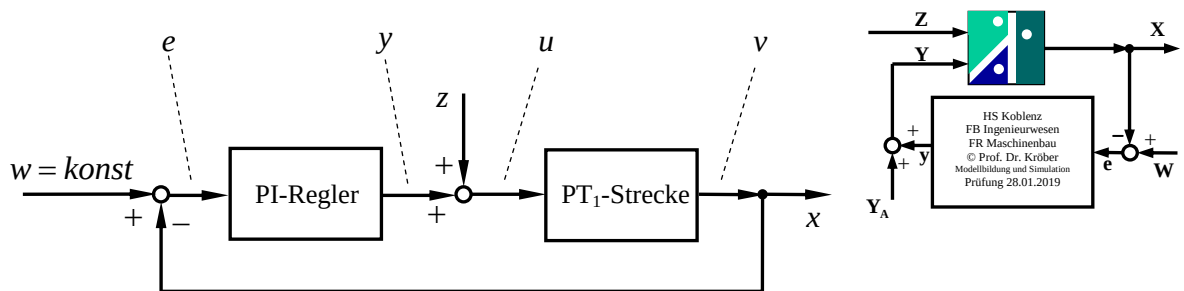
Zahlenwerte:

$m = 0,2 \text{ kg}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $c = 4000 \text{ N/m}$; $\hat{y} = 0,02 \text{ m}$; $\omega = 160 \text{ s}^{-1}$; $t_{\text{sim}} = 6 \text{ s}$; $\Delta t = 0,0001 \text{ s}$

Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. In dem Plot soll der Weg x in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine".

Aufgabe 3 (18P) Ergebnisdateien → *nnnvvv3.m* und *nnnvvv3_sl.slx*

Zur Regelung einer PT_1 -Regelstrecke wird ein PI-Regler verwendet. Zu Beginn sind die Führungsgröße und Regelgröße auf den Werten $x = w = 2$. Die Störgröße ist gleich Null. Zum Zeitpunkt $t = t_1 = 1 \text{ s}$ wird die Störgröße auf den Wert $z = 3$ verändert und verbleibt auf diesem Wert.



Mögliche Hilfestellungen (es gibt auch andere Lösungsmöglichkeiten/Lösungsansätze):

PI-Regler: $y = K_p \cdot \left(e + \frac{1}{T_n} \int e \cdot dt \right)$

PT_1 -Strecke: $v + T \cdot \frac{dv}{dt} = K_s \cdot u$ umgestellt: $\frac{dv}{dt} = \frac{K_s \cdot u - v}{T}$

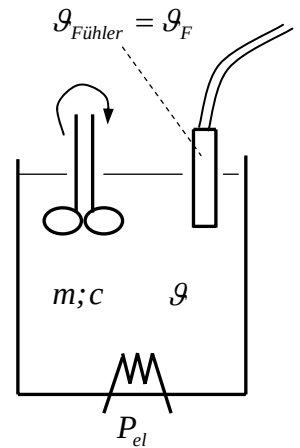
Gegebene Daten: $K_p = 4$; $T_n = 0,8 \text{ s}$; $K_s = 1,5$; $T = 4 \text{ s}$; $w = 2$; $t_1 = 1 \text{ s}$; $z = 3$; $t_{\text{sim}} = 10 \text{ s}$; $\Delta t = 0,01 \text{ s}$

Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Nach Vorgabe aller gegebenen Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. In der graphischen Darstellung soll x über der Zeit dargestellt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Aufgabe 4 (16P)

Ergebnisdatei → nnnvvv4.xlsm

Ein Wasserbad befindet sich zunächst lange Zeit auf einer Anfangstemperatur von 20°C. Ab dem Zeitpunkt $t = 0$ wird eine konstante elektrische Heizleistung zugeführt. Dadurch nimmt die Temperatur des Wasserbades ständig zu. Im Wasserbad befindet sich ein Temperatursensor mit der Zeitkonstanten $T = 10$ s. Bei dem stetigen Temperaturanstieg hinkt die Temperatur des Temperatursensors der ansteigenden Wasserbadtemperatur ständig hinterher (Schleppfehler).
Nebensächliche Bemerkung: Durch das Rührwerk wird eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des Wasserbades sichergestellt. Die Leistung des Rührwerkes wird vernachlässigt.



Wasserbad:

$$P_{el} = m \cdot c \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \text{umgestellt:} \quad \frac{d\theta}{dt} = \frac{P_{el}}{m \cdot c} = \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{\Delta t} \quad \text{nochmals umgeformt:} \quad \theta_{i+1} = \theta_i + \frac{P_{el}}{m \cdot c} \cdot \Delta t$$

Temperatursensor/Temperaturfühler:

$$\theta_F + T \cdot \frac{d\theta_F}{dt} = \theta \quad \text{Differenzenausdrücke eingesetzt und umgeformt:} \quad \theta_{Fi+1} = \theta_{Fi} + (\theta_i - \theta_{Fi}) \cdot \frac{\Delta t}{T}$$

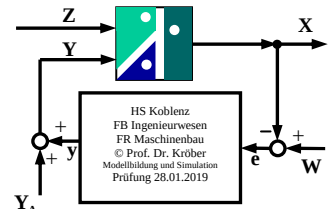
Weitere gegebene Daten: $P_{el} = 2000$ W; $m = 0,8$ kg; $c = 4183$ J/(kg·°C); $T = 10$ s; $\Delta t = 0,1$ s

Berechnen Sie den Temperaturverlauf von θ und θ_F in Funktion der Zeit! Die Zeit läuft von 0 bis 80 Sekunden. Erstellen Sie ein Makro, in dem die zeitlichen Verläufe der beiden Temperaturen berechnet werden. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden. In Spalte 1 des Excel-Sheets soll die Zeit stehen, in der zweiten Spalte die Werte $\theta(t)$, in der weiteren Spalte $\theta_F(t)$. Es soll eine Graphik beider Temperaturen über der Zeit erstellt 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. Die beiden Temperaturen sollen in einem XY-Schrieb ausgegeben werden.



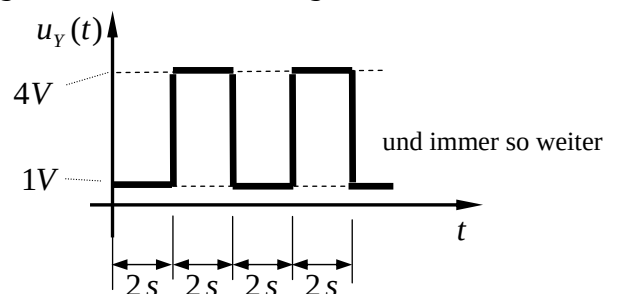
Aufgabe 6 (16P)

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.

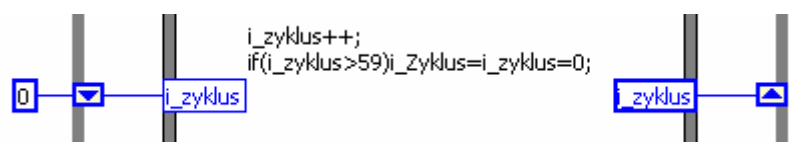
Der Zeitschritt für die einzusetzende "while-Schleife" soll 100 ms betragen. Die Ausgangsspannung soll sich stets zwischen den Werten 1 V und 4 V sprunghaft ändern (beginnend mit 1V). 2 Sekunden soll die Spannung 1 V sein, dann weitere 2 Sekunden 4V, dann wieder für 2 Sekunden 1V, usw..



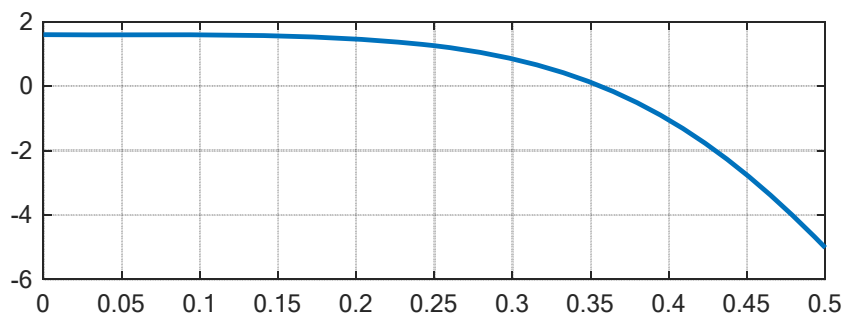
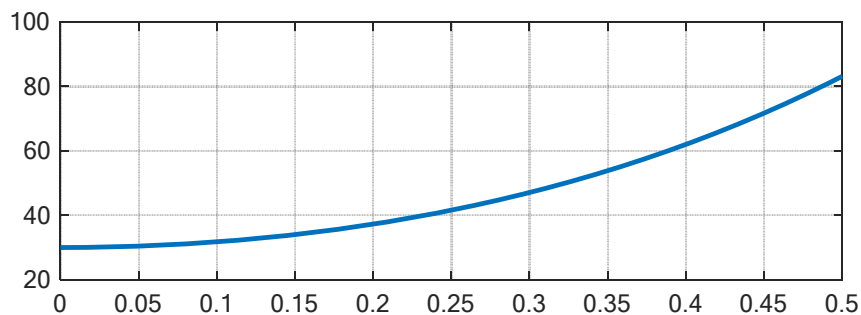
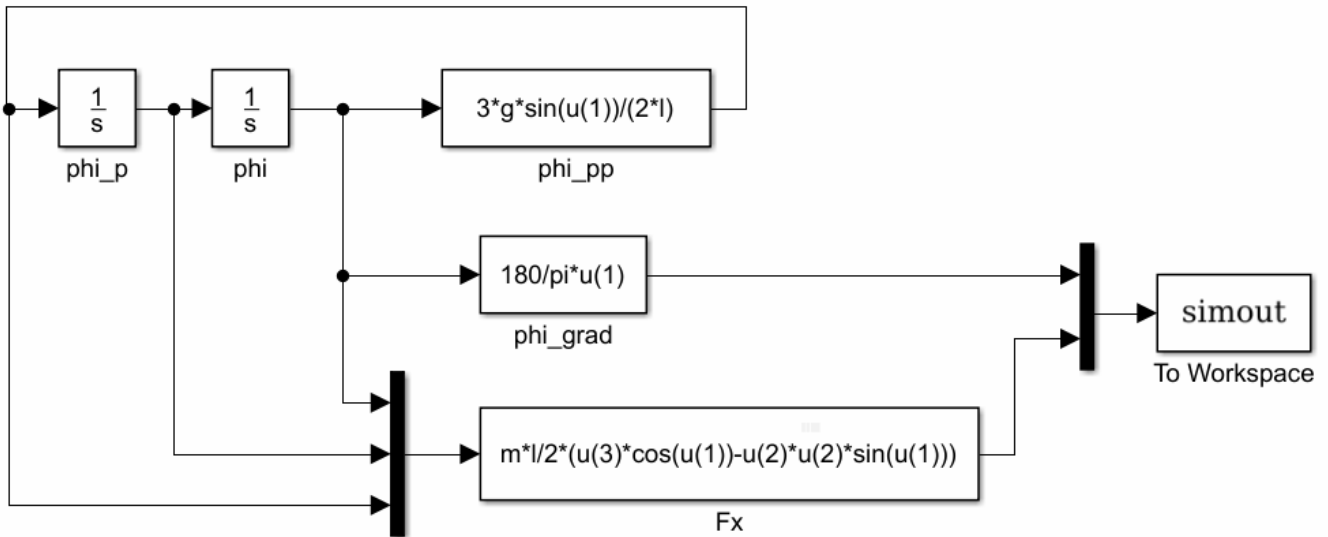
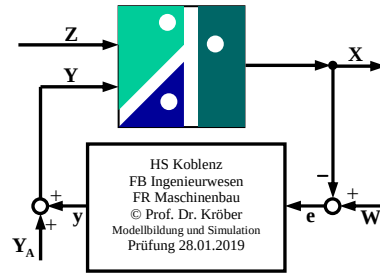
In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

Eine automatisierte Beendigung des Programms muss nicht vorgesehen werden. Das Programm kann durch Betätigen einer/der Stop-Schaltfläche beendet werden. Sonst läuft es "immer weiter".

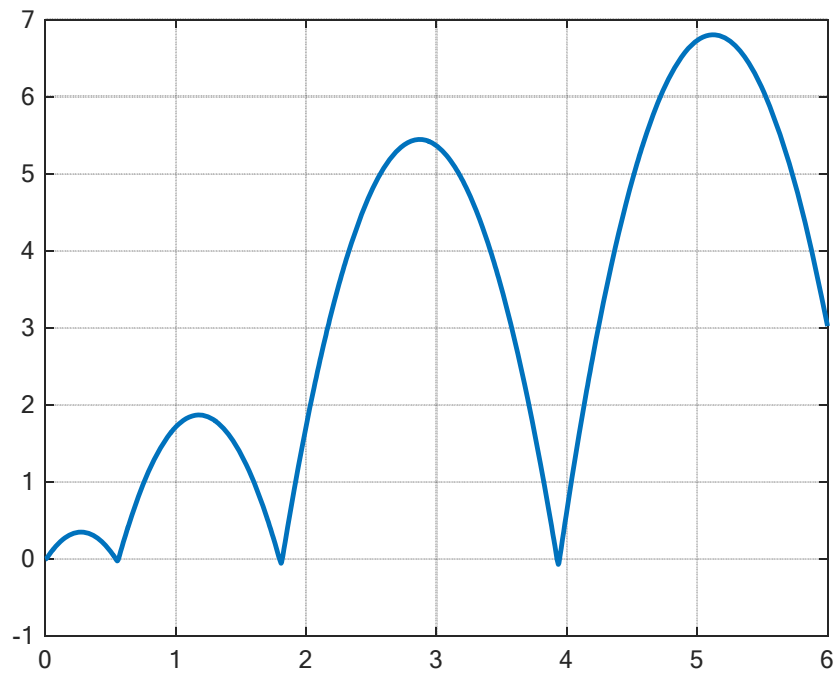
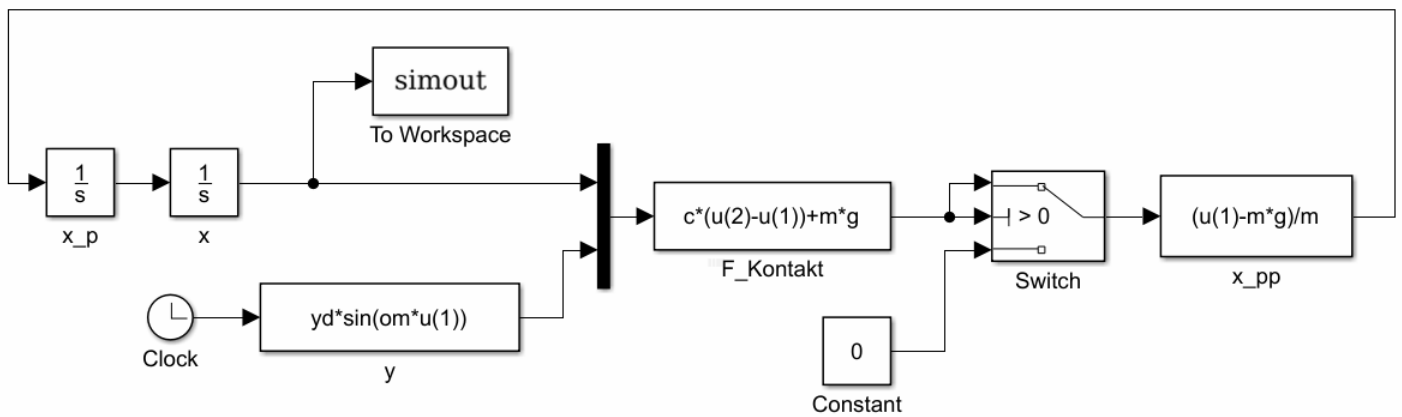
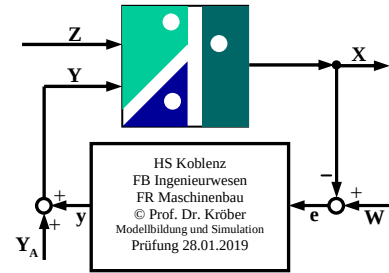
Hilfestellung (die Zahl 59 stimmt nicht):



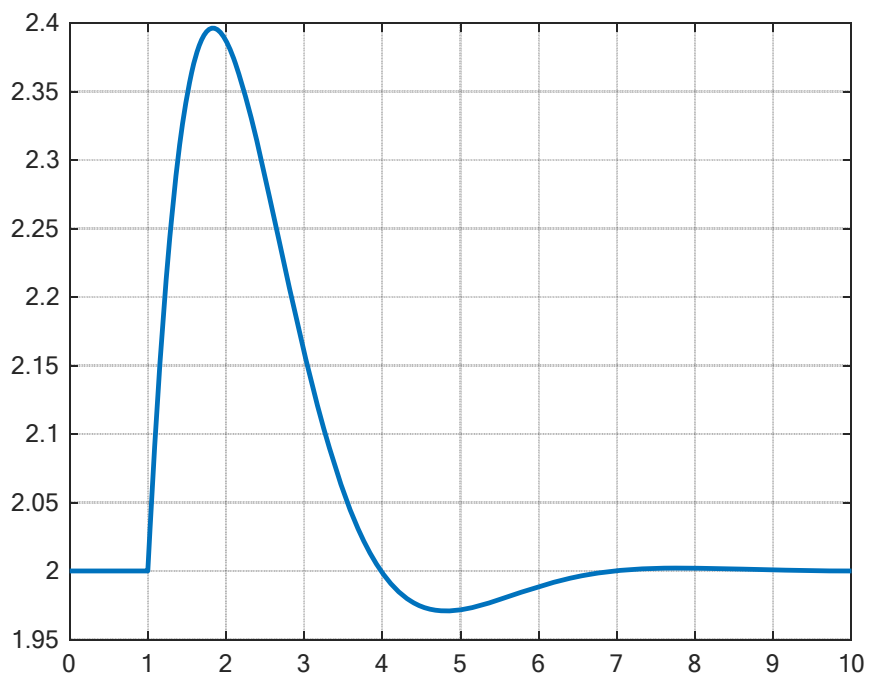
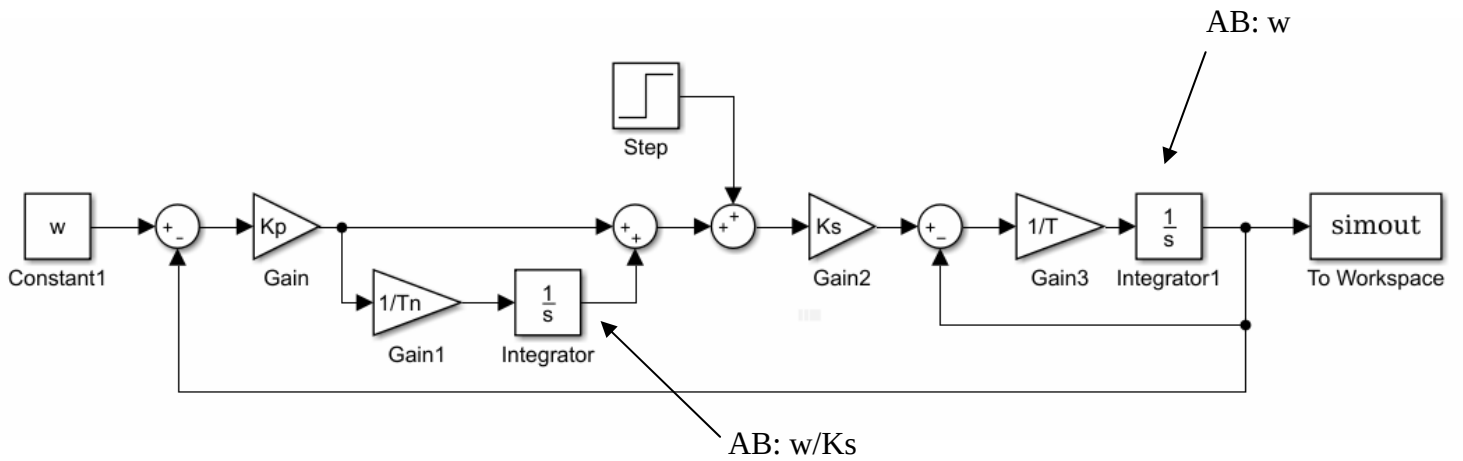
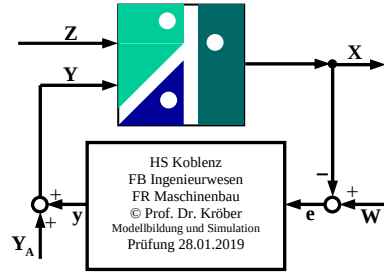
```
clear;clc;
l=1.2;
g=9.81;
m=0.5;
phi0=30.*pi/180;
dt=0.001;
tsim=0.5;
sim('krowol1_sl');
t=simout.time;
phi=simout.signals.values(:,1);
Fx=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);
plot(t,phi,'LineWidth',2);grid;
subplot(2,1,2);
plot(t,Fx,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;
m=0.2;
g=9.81;
c=4000;
yd=0.02;
om=160;
dt=0.0001;
tsim=6;
sim('krowol2_sl');
t=simout.time;
x=simout.signals.values(:,1);
plot(t,x,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;
Kp=4;
Tn=0.8;
Ks=1.5;
T=4;
w=2;
t1=1;
z=3;
tsim=10;
dt=0.01;
sim('krowol3_sl');
t=simout.time;
x=simout.signals.values(:,1);
plot(t,x,'LineWidth',2);grid
```



```

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

Dim teta(800), tetaf(800) As Double
Pel = 2000
m = 0.8
c = 4183
T = 10
dt = 0.1

teta(0) = 20
For i = 0 To 799
    teta(i + 1) = teta(i) + Pel * dt / (m * c)
Next i

tetaf(0) = 20
For i = 0 To 799
    tetaf(i + 1) = tetaf(i) + (teta(i) - tetaf(i)) * dt / T
Next i

For i = 0 To 800
    Cells(i + 1, 1) = i * dt
    Cells(i + 1, 2) = teta(i)
    Cells(i + 1, 3) = tetaf(i)
Next i

End Sub

```

