Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 05.02.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	3	2	3	2	2	3	2	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Gegeben sei das folgende lineare zeitkontinuierliche zeitinvariante Zustandsmodell zweiter Ordnung mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$\begin{aligned}\frac{d\mathbf{x}}{dt} &= \begin{bmatrix} 2 & 4 \\ 0 & -3 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} \alpha \\ -1 \end{bmatrix} u, \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}\mathbf{x}.\end{aligned}$$

Ermitteln sie α so, dass die zugehörige Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{\tilde{y}(s)}{\tilde{u}(s)}$ *BIBO*-stabil ist.

Aufgabe 2:

Gegeben sei die *Impulsantwort* eines linearen zeitkontinuierlichen zeitinvarianten Systems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$g(t) = 2(1 - e^{-2t}).$$

Ermitteln sie die Ausgangsgröße $y(t)$ für $u(t) = \sigma(t) + \delta(t)$, wobei $\sigma(t)$ der Einheitssprung und $\delta(t)$ der Diracimpuls ist .

Aufgabe 3:

Gegeben sei das folgende nichtlineare System:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_1^2 + 2x_1x_2 - cos(x_2) \\ \frac{dx_3}{dt} &= x_1 + x_1^2 u - \sqrt{x_3}.\end{aligned}$$

Ermitteln Sie für $u = u_R = 1$ *alle* Ruhelagen des Systems.

Aufgabe 4:

Es sei folgende Übertragungsfunktion eines linearen Systems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y gegeben:

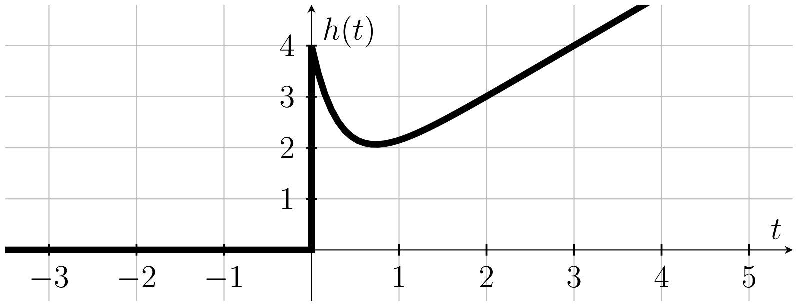
$$G(s) = \frac{a}{s^2 + as + 6}.$$

Dabei ist a ein reeller Parameter. Ermitteln Sie für die Eingangsgröße $u(t) = \sqrt{2}sin(t)$ die Ausgangsgröße $y(t)$ des Systems *im eingeschwungenen Zustand* für folgende Werte des Parameters a:

i) $a = 5$, ii) $a = -5$.

Aufgabe 5:

Gegeben sei folgende Sprungantwort eines realisierbaren PID-Reglers:



Es ist bekannt, dass die Realisierungszeitkonstante den Wert $T_\mathrm{R} = \frac{1}{3}$ hat. Lesen Sie den Proportionalbeiwert K_P, die Nachstellzeit T_N und die Vorhaltezeit T_V des PID-Reglers aus dem Diagramm ab und geben Sie die Übertragungsfunktion $R(s)$ des Reglers an.

Aufgabe 6:

Betrachten Sie das System

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 4 & -2 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} - u$$

mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y. Geben Sie alle Ruhelagen des Systems an, die zur Ausgangsgröße $y(t) = 4$ führen.

Aufgabe 7:

Gegeben sei das Polynom

$$p(s) = (-1)s^4 + \alpha s^3 + 2\beta s^2 + \alpha s + \beta - 1.$$

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas Bedingungen für die Parameter α und β, welche notwendig und hinreichend dafür sind, dass $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 8:

Von einem linearen zeitkontinuierlichen zeitinvarianten Zustandsmodell der Form

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{x}, \qquad y = \mathbf{c}^T\mathbf{x}$$

sind für unterschiedliche Werte des Anfangszustandes $\mathbf{x}_0$ die Verläufe der Ausgangsgröße $y(t)$ für $t \geq 0$ bekannt:

- für $\mathbf{x}_0^{(1)} = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}^T$ ergibt sich die Ausgangsgröße $y^{(1)}(t) = 1$,
- für $\mathbf{x}_0^{(2)} = \begin{bmatrix}1 & 2\end{bmatrix}^T$ ergibt sich die Ausgangsgröße $y^{(2)}(t) = 1 + e^{-t}$.

Ermitteln Sie den Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für den Anfangszustand $\mathbf{x}_0 = \begin{bmatrix}3 & 4\end{bmatrix}^T$.

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 07.03.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	3	3	2	2	2	2	3	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Geben Sie für ein Zustandsmodell zweiter Ordnung mit Eingangsgröße u und Zustandsvektor $\mathbf{x}$

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{b}u,$$

für $u = u_R = 1$ jeweils eine mögliche Dynamikmatrix $\mathbf{A}$ und einen möglichen Eingangsvektor $\mathbf{b}$ an, so dass das System

a) eine Ruhelage

b) keine Ruhelage

c) unendlich viele Ruhelagen

besitzt.

Aufgabe 2:

Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsmodell dritter Ordnung mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{bmatrix}^T$:

$$\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= x_1 x_2 x_3, \\
\frac{dx_2}{dt} &= -4u^2 + x_2^2, \\
\frac{dx_3}{dt} &= \cos(x_3), \\
y &= x_2 x_3 u.
\end{aligned}$$

Ermitteln sie für die Ruhelage $u_R = 1$ und $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix} 0 & 2 & \frac{\pi}{2} \end{bmatrix}^T$ das linearisierte Zustandsmodell

$$\begin{aligned}
\frac{d\Delta\mathbf{x}}{dt} &= \mathbf{A}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{b}\Delta u, \\
\Delta y &= \mathbf{c}^T \Delta\mathbf{x},
\end{aligned}$$

wobei

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_R, \quad \Delta u = u - u_R \quad \text{und} \quad \Delta y = y - y_R$$

gilt.

Aufgabe 3:

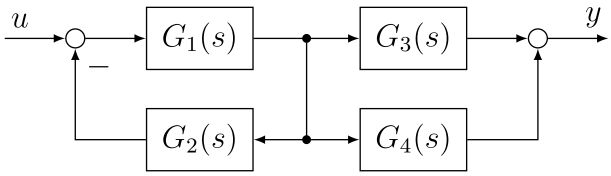
Gegeben sei ein lineares System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y, welches durch die folgenden Differentialgleichung beschrieben werden kann:

$$\frac{d^4y}{dt^4} + 3\frac{d^3y}{dt^3} + 10\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = \frac{d^2u}{dt^2} + \frac{du}{dt}.$$

Überprüfen Sie, ob das gegebene System *BIBO*-stabil ist.

Aufgabe 4:

Betrachten Sie folgende Zusammenschaltung eines Übertragungssystems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:



Geben Sie die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{u}(s)}$ an.

Aufgabe 5:

Erklären Sie ausführlich die folgenden Begriffe der Regelungstechnik:

a) BIBO-Stabilität

b) Frequenzgang

Aufgabe 6:

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters k, für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

$$
\begin{aligned}
i) \quad & p_1(s) = s^5 + 10s^4 + ks^3 + 2s^2 + (k+1)s \\
ii) \quad & p_2(s) = ks^4 + 2s^3 + k^2s^2 - s + 2 \\
iii) \quad & p_3(s) = ks^3 + \frac{1}{k}s^2 + s + 1 \\
iv) \quad & p_4(s) = 15s^2 + k^2s + 27
\end{aligned}
$$

Aufgabe 7:

Geben Sie zu den folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Differentialgleichung und die dazugehörige Übertragungsfunktion an:

a) Verzögerungsglied erster Ordnung

b) Verzögerungsglied zweiter Ordnung

Aufgabe 8:

Erklären Sie ausführlich die *Stabilitätsrand-Methode* zur Ermittlung der Parameter eines *PID-Reglers*.

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 11.05.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	3	3	2	2	3	2	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Gegeben sei die Übertragungsfunktion eines *PID-Reglers*:

$$R(s) = 2\left(1 + \frac{1}{2s} + \frac{s}{1+0.5s}\right).$$

Zeichnen Sie die Sprungantwort des Reglers.

Aufgabe 2:

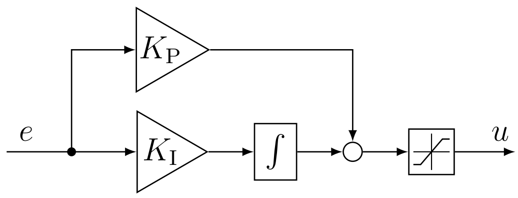
Geben Sie zu den folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Differentialgleichung und die dazugehörige Übertragungsfunktion an:

a) Verzögerungsglied erster Ordnung

b) Vorhalteglied

Aufgabe 3:

Betrachten Sie folgendes Strukturbild eines PI-Reglers mit dem Regelfehler e und der Stellgröße u:



Erweitern Sie das Strukturbild um eine Anti-Windup Maßnahme. Erklären Sie ausführlich, warum diese Maßnahme notwendig ist.

Aufgabe 4:

Von einer gebrochen rationalen Übertragungsfunktion $G(s)$ *zweiter Ordnung* mit reellen Koeffizienten ist bekannt, dass Folgendes gilt:

$$\lim_{s\to -1-j} |G(s)| = \infty, \qquad G(0) = 2.$$

Weiters ist bekannt, dass für $u(t) = \sin(t)$ im eingeschwungenen Zustand $y(t) = 0$ gilt.
Ermitteln Sie $G(s)$.

Aufgabe 5:

Es sei ein Polynom

$$p(s) = a_4 s^4 + s^3 + a_2 s^2 + s + 1$$

gegeben. Ermitteln sie den *größtmöglichen* Wertebereich der reellen Parameter a_4 und a_2, für den $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 6:

Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsmodell mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{bmatrix}^T$, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_1 x_2 x_3 \\ \frac{dx_2}{dt} &= x_1^2 + x_2 + x_3 u^2 \\ \frac{dx_3}{dt} &= \sin u \\ y &= \sin(x_3) u^2 + x_1. \end{aligned}$$

Ermitteln Sie das um die Ruhelage $u_R = 0$ und $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix} 2 & -4 & 0 \end{bmatrix}^T$ linearisierte Zustandsmodell

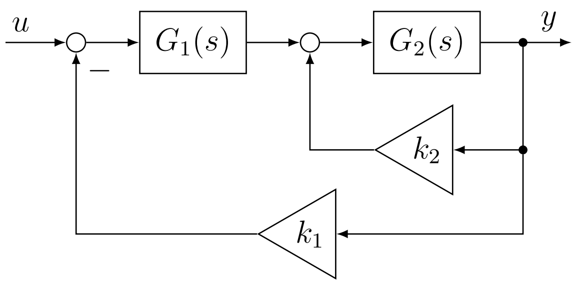
$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\mathbf{x}}{dt} &= \mathbf{A}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{b}\Delta u, \\ \Delta y &= \mathbf{c}^T \Delta\mathbf{x} + d\Delta u \end{aligned}$$

mit

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_R, \qquad \Delta u = u - u_R \qquad \text{und} \qquad \Delta y = y - y_R.$$

Aufgabe 7:

Betrachten Sie folgende Zusammenschaltung von Übertragungssystemen:



a) Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion $G(s) := \left.\frac{\bar{y}(s)}{\bar{u}(s)}\right|_{AW=0}$ allgemein in Abhängigkeit der Übertragungsfunktionen $G_1(s)$, $G_2(s)$ und der reellen Verstärkungsfaktoren k_1 und k_2.

b) Zeigen Sie, dass für

$$G_1(s) = \frac{1}{s-1}, \qquad G_2(s) = \frac{1}{s+1}$$

die Übertragungsfunktion $G(s)$ durch

$$G(s) = \frac{1}{s^2 - k_2 s + k_1 + k_2 - 1}$$

gegeben ist.

c) Bestimmen Sie den größtmöglichen Wertebereich der Parameter k_1 und k_2, für den die Übertragungsfunktion $G(s)$ die BIBO-Eigenschaft besitzt.

Aufgabe 8:

Geben Sie die *Definitionen* für folgende Eigenschaften eines linearen zeitkontinuierlichen Systems mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ an:

a) Linearität;

b) BIBO-Stabilität.

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 13.07.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	3	3	2	3	2	2	2	2	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Gegeben sei ein lineares zeitinvariantes System mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -5 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x}.$$

Berechnen Sie die Ausgangsgröße $y(t)$ für $t \geq 0$, $\mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}^T$ und $u(t) = e^{-t}$.

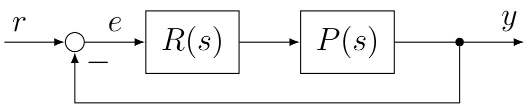
Aufgabe 2:

Gegeben sei eine Regelstrecke, an der gefahrlos verschiedenste Experimente durchgeführt werden können. Es soll ein *PID*-Regler zur Regelung dieser Strecke ausgelegt werden.

- Welche Methoden kennen Sie, um günstige Startwerte für die gesuchten Reglerparameter zu finden?
- Erklären Sie *einde* der Methoden im Detail!
- Worauf ist zu achten, falls eine Stellgrößenbeschränkung vorhanden ist?

Aufgabe 3:

Gegeben sei ein Standardregelkreis



mit der Regelstrecke

$$P(s) = \frac{1}{s-5}.$$

Es soll ein Regler $R(s)$ so entworfen werden, dass die Gesamtübertragungsfunktion $T(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{r}(s)}$ *BIBO-stabil* ist.

- Welcher der folgenden Regler kann dafür eingesetzt werden? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

i) $R(s) = \dfrac{s-5}{s+2}$ ii) $R(s) = s + 4$ iii) $R(s) = 7$

Aufgabe 4:

Gegeben sei das Polynom

$$p(s) = (-1)s^4 + \alpha s^3 + 2\beta s^2 + \alpha s + \beta - 1.$$

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas Bedingungen für die Parameter α und β, welche notwendig und hinreichend dafür sind, dass $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 5:

Es sei folgende Übertragungsfunktion eines linearen zeitinvarianten Übertragungssystems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y gegeben:

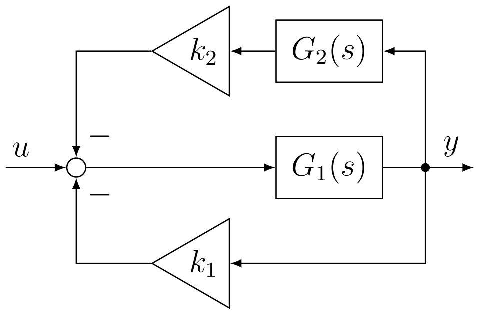
$$G(s) = \frac{s^2 + a}{(s+a)^2}$$

Dabei ist a ein reeller Parameter. Ermitteln Sie für die Eingangsgröße $u(t) = \sin 2t$ die Ausgangsgröße $y(t)$ des Systems *im eingeschwungenen Zustand* für folgende Werte des Parameters a:

i) $a = 2$, ii) $a = 0$.

Aufgabe 6:

Betrachten Sie folgende Zusammenschaltung zweier Übertragungssysteme mit den Übertragungsfunktionen $G_1(s)$ und $G_2(s)$:



Hierbei sind k_1 und k_2 reelle Parameter. Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion $G(s)$ des Gesamtsystems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y. Geben Sie $G(s)$ in einer Form *ohne* Doppel- bzw. Mehrfachbrüche an.

Aufgabe 7:

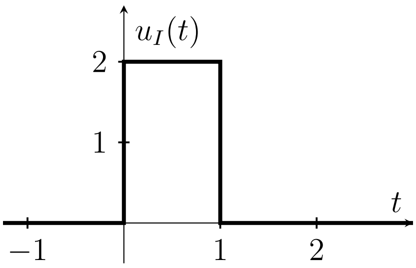
Geben Sie ein nichtlineares autonomes System *erster* Ordnung mit den Ruhelagen

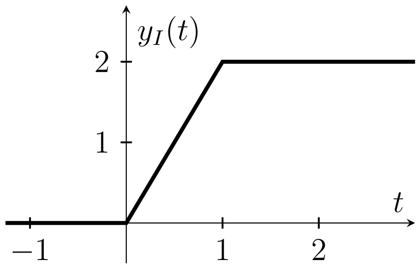
$$x_{R,1} = 1 \qquad x_{R,2} = 2 \qquad x_{R,3} = 4$$

an.

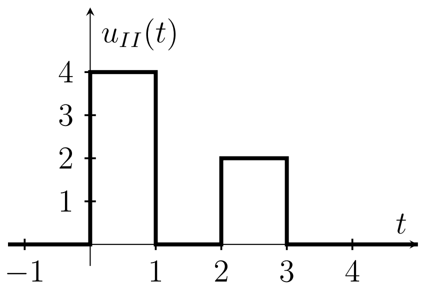
Aufgabe 8:

Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen eines Experimentes wurde für die im dargestellte Zeitfunktion $u_I(t)$ der nebenstehend abgebildete Ausgangsgrößenverlauf $y_I(t)$ gemessen.





In einem zweiten Experiment soll nun die folgende Zeitfunktion als Eingangsgröße dienen:



Wie muss die Ausgangsgröße $y_{II}(t)$ des Systems im zweiten Experiment für den Fall aussehen, dass es sich um ein *lineares, zeitinvariantes* System handelt?

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 02.10.2018

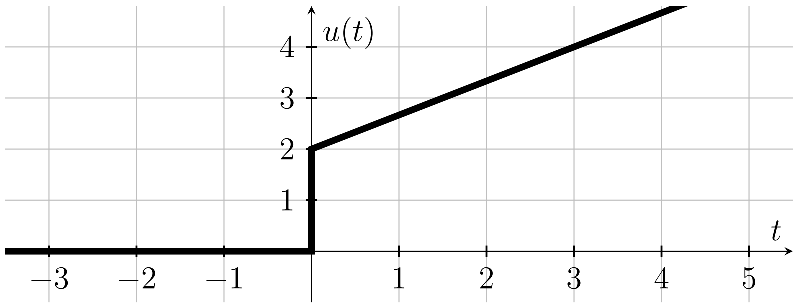
Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	2	3	3	2	2	3	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

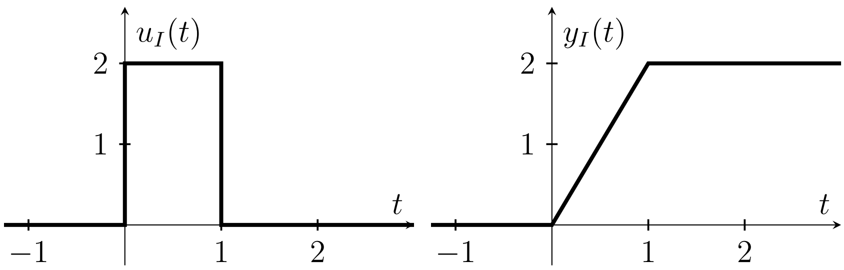
Gegeben sei folgende Sprungantwort eines PI-Reglers:



Lesen Sie den Proportionalbeiwert K_P und die Nachstellzeit T_N des PI-Reglers aus dem Diagramm ab und geben Sie die Übertragungsfunktion $R(s)$ des Reglers an.

Aufgabe 2:

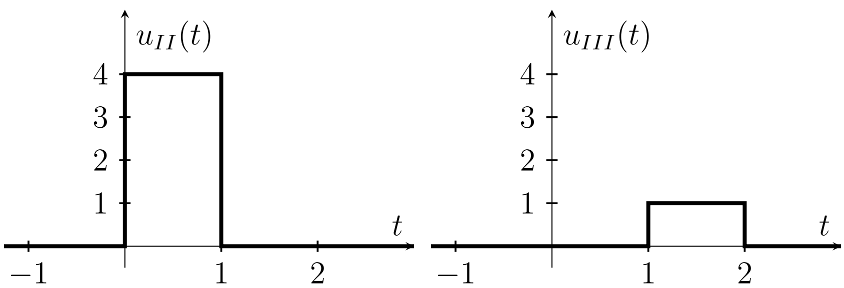
Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen eines Experimentes wurde für die im Folgenden dargestellte Zeitfunktion $u_I(t)$ der nebenstehend abgebildete Ausgangsgrößenverlauf $y_I(t)$ erhalten.



In einem zweiten Experiment soll nun die folgende Zeitfunktion als Eingangsgröße dienen:

$$u(t) = u_{II}(t) - 3u_{III}(t),$$

wobei $u_{II}(t)$ und $u_{III}(t)$ dargestellt werden können als



Wie muss die Ausgangsgröße $y(t)$ des Systems im zweiten Experiment für den Fall aussehen, dass es sich um ein *lineares, zeitinvariantes* System handelt.

Aufgabe 3:

Gegeben sind zwei in Serie geschaltene Zustandsmodelle.

System 1:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 4 \end{bmatrix} \hat{\mathbf{x}} + \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$v = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \hat{\mathbf{x}}$$

System 2:

$$\dot{\tilde{x}} = 2\tilde{x} + 4v$$

$$y = \tilde{x}$$

Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems mit der Eingangsgröße $u(t)$ und der Ausgangsgröße $y(t)$.
Ist das Gesamtsystem *BIBO-stabil*? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 4:

Gegeben ist ein nichtlineares, zeitkontinuierliches System dritter Ordnung:

$$\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= x_2 \\
\dot{x}_2 &= g - \frac{c}{m}\frac{x_3^2}{x_1^2} \\
\dot{x}_3 &= -\frac{R}{L}x_3 + \frac{2c}{L}\frac{x_2 x_3}{x_1^2} + \frac{1}{L}u \\
y &= x_1
\end{aligned}$$

mit den bekannten Parametern g, c, m, R und L. Ermitteln sie für $y = y_R =$ konst. die zugehörige Ruhelage $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix} x_{1,R} & x_{2,R} & x_{3,R} \end{bmatrix}^T$ sowie die Eingangsgröße u_R.

Aufgabe 5:

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters k, für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

$$\begin{aligned}
&i) & p_1(s) &= s^5 + 10s^4 + ks^3 + 2s^2 + 5 \\
&ii) & p_2(s) &= ks^4 + 2s^3 + k^2s^2 - s + 2 \\
&iii) & p_3(s) &= s^3 + 2s^2 + s + k \\
&iv) & p_4(s) &= 15s^2 + ks + 27
\end{aligned}$$

Aufgabe 6:

Geben Sie zu folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Übertragungsfunktion $G(s)$ an und skizzieren Sie die Sprungantwort:

- Proportionalglied;
- Verzögerungsglied erster Ordnung (PT_1-Glied);

Aufgabe 7:

Gegeben sei ein zeitkontinuierliches lineares zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$:

$$\begin{aligned}\frac{d\mathbf{x}}{dt} &= \begin{bmatrix}-1 & 1\\ -3 & 3\end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u\\ y &= \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\mathbf{x}.\end{aligned}$$

- Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für $u(t) = 0$ und $\mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}^T$.

Aufgabe 8:

Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsmodell mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x} = \begin{bmatrix}x_1 & x_2 & x_3\end{bmatrix}^T$, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= x_1 x_2 x_3\\ \frac{dx_2}{dt} &= x_1^2 + x_2 + x_3 u^2\\ \frac{dx_3}{dt} &= \sin u\\ y &= \sin(x_3)u^2 + x_1.\end{aligned}$$

Ermitteln Sie das um die Ruhelage $u_R = 0$ und $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix}2 & -4 & 0\end{bmatrix}^T$ linearisierte Zustandsmodell

$$\begin{aligned}\frac{d\Delta\mathbf{x}}{dt} &= \mathbf{A}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{b}\Delta u,\\ \Delta y &= \mathbf{c}^T\Delta\mathbf{x} + d\Delta u\end{aligned}$$

mit

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_R, \qquad \Delta u = u - u_R \qquad \text{und} \qquad \Delta y = y - y_R.$$

Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik 1** am 07.12.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	3	3	2	2	2	3	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Gegeben sei folgendes lineares zeitinvariantes System mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -6 & -7 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \mathbf{x}.$$

a) Überprüfen Sie, ob das gegebene Systm BIBO-stabil ist.

b) Berechnen Sie

$$y_\infty = \lim_{t\to\infty} y(t)$$

für $u(t) = 2\sigma(t)$.

Aufgabe 2:

Betrachten Sie folgendes *nichtlineare* System mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} x_2 + u^3 \\ -e^{2x_1} + 2x_2 \end{bmatrix}, \qquad y = 1 + x_2^2 + u^2.$$

Bestimmen Sie für die Ruhelage $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\ln 2 & 1 \end{bmatrix}^T$, $u_R = -1$ durch Linearisierung des Systems ein lineares zeitinvariantes Modell der Form

$$\frac{d\Delta\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{b}\Delta u, \qquad \Delta y = \mathbf{c}^T\Delta\mathbf{x} + d\Delta u$$

mit

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_R, \qquad \Delta u = u - u_R, \qquad \Delta y = y - y_R,$$

welches das nichtlineare System für „kleine“Auslenkungen aus der Ruhelage näherungsweise beschreibt.

Aufgabe 3:

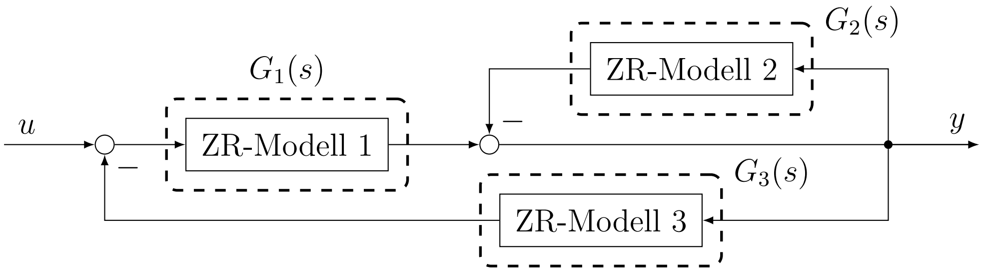
Betrachten Sie das System

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 4 & -2 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x} - u$$

mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y. Geben sie alle Ruhelagen des Systems an, die zur Ausgangsgröße $y_R = 4$ führen.

Aufgabe 4:

Betrachten Sie folgende Zusammenschaltung linearer zeitinvarianter Zustandsraummodelle:



Zeigen Sie in nachvollziehbarer Weise, dass für

$$G_1(s) = \frac{s+2}{s^2-1}, \qquad G_2(s) = \frac{2}{s+2} \qquad G_3(s) = \frac{1}{s+4}$$

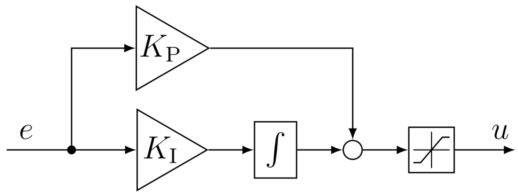
die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{\bar{y}(s)}{\bar{u}(s)}$ durch

$$G(s) = \frac{(s+2)^2(s+4)}{(s^2-1)(s+4)^2 + (s+2)^2}$$

gegeben ist.

Aufgabe 5:

Betrachten Sie folgendes Strukturbild eines PI-Reglers mit dem Regelfehler e und der Stellgröße u:



Erweitern Sie das Strukturbild um eine Anti-Windup Maßnahme. Warum ist diese Maßnahme notwendig?

Aufgabe 6:

Gegeben sei die Sprungantwort eines linearen zeitkontinuierlichen zeitinvarianten Systems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y:

$$h(t) = 2e^{-2t} - 2e^{-3t}.$$

Ermitteln Sie die Ausgangsgröße $y(t)$ für $u(t) = \sigma(t) + \delta(t-1)$, wobei $\sigma(t)$ den Einheitssprung und $\delta(t)$ den Dirac-Impuls symbolisiert.

Aufgabe 7:

Gegeben sei eine Regelstrecke, an der gefahrlos verschiedenste Experimente durchgeführt werden können. Es soll ein *PID*-Regler zur Regelung dieser Strecke mittels der Stabilitätsrand-Methode ausgelegt werden.

a) Erklären Sie die *Stabilitätsrand-Methode* im Detail.

b) Welche weiteren Einstellregeln für PID-Regler kennen Sie?

Aufgabe 8:

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters k, für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

$$\begin{aligned} i)\quad & p_1(s) = s^5 + 10s^4 + ks^3 + 2s^2 + 5 \\ ii)\quad & p_2(s) = ks^4 + 2s^3 + k^2s^2 - s + 2 \\ iii)\quad & p_3(s) = s^3 + 2s^2 + s + k \\ iv)\quad & p_4(s) = 15s^2 + ks + 27 \end{aligned}$$