Prof. G. Reißig
Seminarübungen-Dozent: Victor C. Chaim
E–Mail: victor.chaim@unibw.de

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
Inst. f. Steuer- und Regelungstechnik (LRT-15)
85577 Neubiberg

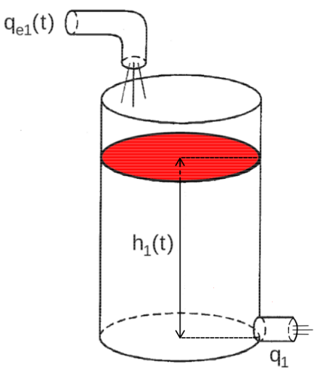
Steuer- und Regelungstechnik, WT 2022

8 Übung, 07.03.2022

Die Aufgaben 8.4, 8.5, und 8.6 sind Probeklausuraufgaben. Die Aufgaben 8.4 und 8.6 sind für beide Teile der Klausur geeignet, daher wird empfohlen, sie ohne Hilfsmittel zu bearbeiten. Aufgabe 8.5 wäre typisch für den zweiten Teil der Klausur, in dem Hilfsmittel zugelassen sind.

Die Zeit, die in einer Klausur für die einzelnen Aufgaben vorgesehen wäre, berechnet sich so: Punktzahl mal 1min15sec (Teil 1) bzw. Punkzahl mal 1min40sec (Teil 2). Sie können Ihre Lösungen entweder per Email an V. Chaim (`victor.chaim@unibw.de`) bis Freitag, 11.03., 7Uhr, senden, oder sie am Donnerstag zu üblichen Arbeitszeiten in einer Box vor dem Büro 41/2315 ablegen. Zum Verfahren siehe auch die Vorlesung vom 25.1.

8.1 Aufgabe. Betrachten Sie einen Wasserbehälter mit einem Eingangsdurchsatz (Volumen pro Zeit) von $q_{e1}(t)$ und einem Ausgangsdurchsatz von $q_1(t)$, wie in der Abbildung dargestellt. F bezeichne die Querschnittsfläche der Behälter.
Annahmen: Gesetz von Torricelli: $q_1 = \mu\sqrt{2g}\sqrt{h_1}$ sowie $g, \mu, F > 0$, $q_{e1} \geq 0$.



(i) Modellieren Sie das Wasserbehälter-System in Zustandsform, mit $x = h_1$, $u = q_{e1}$ und $y = h_1$.

$$\dot{x} = f(x,u),$$
$$y = g(x,u).$$

(ii) Diese und alle folgenden Teilaufgaben: Nur für den Spezialfall $F = \mu\sqrt{2g} = 1$ lösen! Geben Sie Bedingungen an x und u an, die Ruhelagen charakterisieren.

(iii) Linearisieren Sie das Zustandssystem in den Ruhelagen. Berechnen Sie also die Matrizen

$$A := D_1 f(x,u), B := D_2 f(x,u), C := D_1 g(x,u), D := D_2 g(x,u)$$

für Ruhelagen (x, u).

(iv) Geben Sie die Übertragungsfunktion der Linearisierung an.

(v) Geben Sie die Gewichtsfunktion der Linearisierung an.

(vi) Skizzieren Sie die Sprungantwort der Größe k, d.h., Antwort auf den Sprung $k \cdot \sigma$, für das linearisierte Zustandsystem und geben Sie ihren Anfangswert und ihren stationären Endwert an, wobei k eine positive reelle Konstante ist.

(vii) Berechnen Sie den stationären Endwert für die Sprungantwort der Größe k des nichtlinearen Systems unter Annahme der Ruhelage $\dot{h}_1 = 0$, wobei k eine positive reelle Konstante ist.

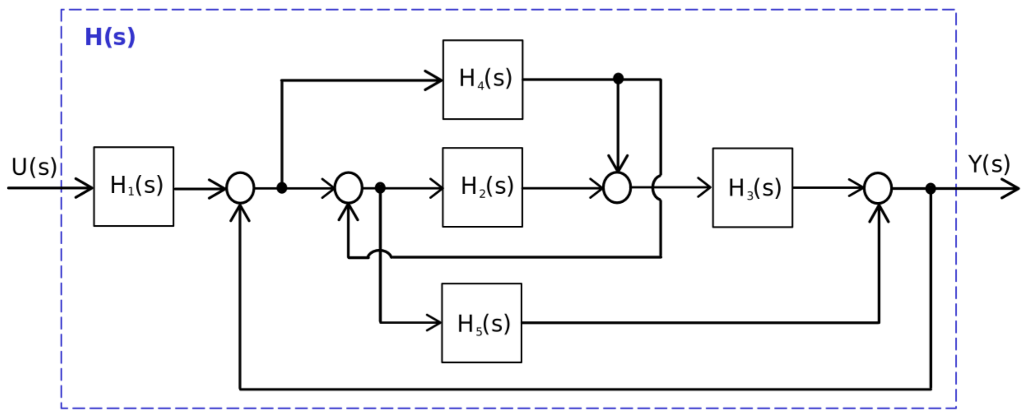
(viii) Bestimmen Sie eine Fehlerfunktion $e = \| h_{1nl} - \psi(\infty, h_0, k\sigma(t)) \|$, wobei h_{1nl} der stationäre Endwert der Ruhelage für die nichtlineare Funktion $f(h_1, k\sigma(t) + u_0)$ und h_0 die Anfangsbedingung ist.

(ix) Beweisen Sie, dass das Verhältnis zwischen der Größe des Fehlers und der Größe der Sprungfunktion umso kleiner ist, je kleiner der Betrag der eingegebenen Sprungfunktion ist. Hinweis: Beweisen Sie, dass

$$\lim_{k \to 0} \frac{e}{k} = 0.$$

□

8.2 Aufgabe. Gegeben ist folgendes Blockschaltbild:

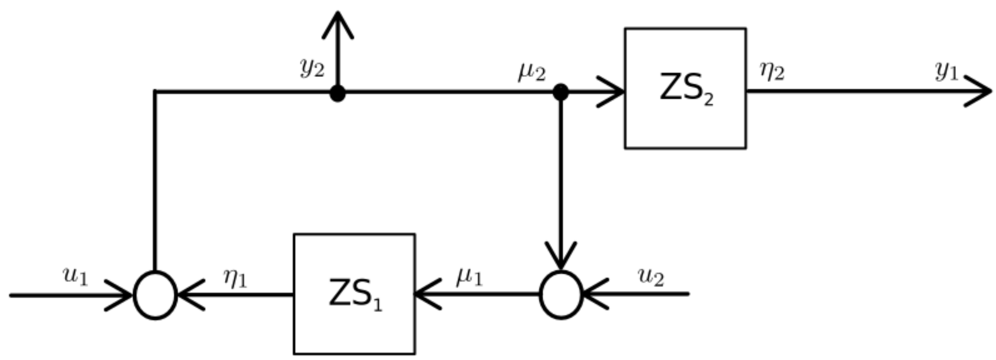


Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $H(s) = Y(s)/U(s)$ aus dem Blockschaltbild. □

8.3 Aufgabe. Betrachten Sie die Kopplung der unten dargestellten Zustandssysteme ZS_1 und ZS_2 mit ihren jeweiligen Matrizen A_i, B_i, C_i und D_i, wobei $i = 1, 2$. Bestimmen Sie die Matrizen A, B, C und D des Zustandssystems, das das Gesamtsystem beschreibt, mit $y = (y_1, y_2)$ und $u = (u_1, u_2)$, für die beiden folgenden Fälle:

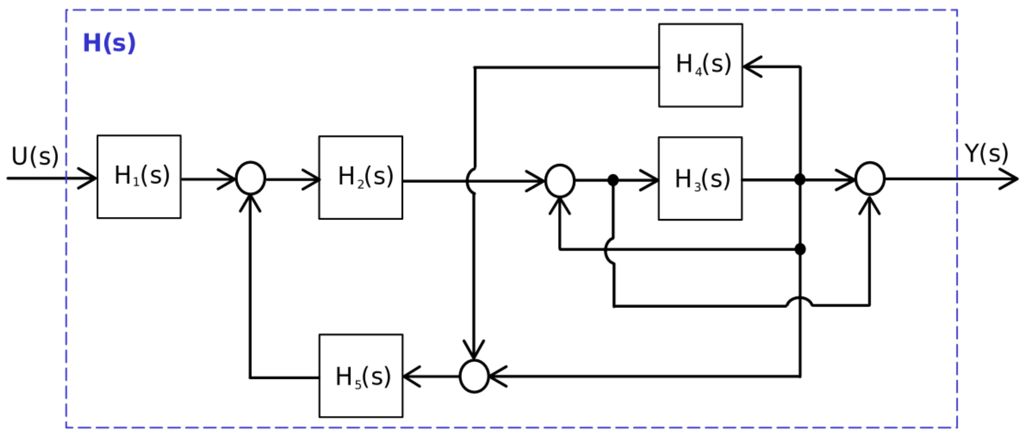
(i) $A_1 = diag(-1, -2)$, $B_1 = (0, 1)$, $C_1 = (0, 1)$, $D_1 = 0$ und $A_2 = diag(-2, -3)$, $B_2 = (1, 0)$, $C_2 = (1, 0)$, $D_2 = 0$;

(ii) $A_1 = -1$, $B_1 = 2$, $C_1 = 1$, $D_1 = 1$ und $A_2 = 3$, $B_2 = 2$, $C_2 = 1$, $D_2 = 0$.



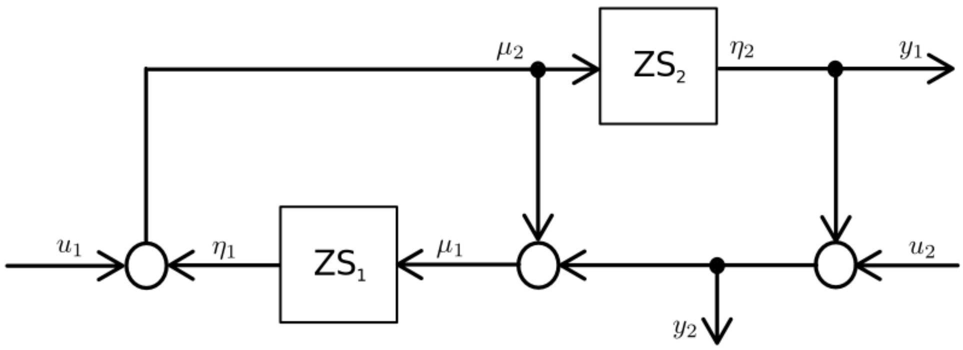
□

8.4 Aufgabe (7 Punkte). Gegeben ist folgendes Blockschaltbild:



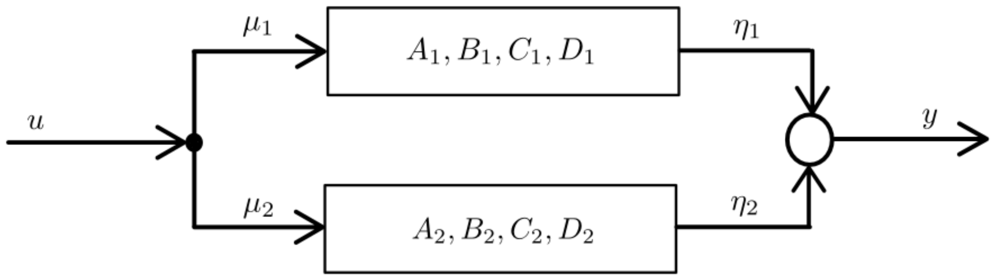
Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $H(s) = Y(s)/U(s)$ aus dem Blockschaltbild. □

8.5 Aufgabe (8 Punkte). Betrachten Sie die Kopplung der unten dargestellten Zustandssysteme ZS_1 und ZS_2 mit ihren jeweiligen Matrizen $A_1 = 1$, $B_1 = 1$, $C_1 = 1$, $D_1 = 0$ und $A_2 = 2$, $B_2 = 3$, $C_2 = 1$, $D_2 = 0$. Bestimmen Sie die Matrizen A, B, C und D des Zustandssystems, das das Gesamtsystem beschreibt, wobei $y = (y_1, y_2)$ und $u = (u_1, u_2)$ ist.



□

8.6 Aufgabe (7 Punkte). Gegeben sei das Blockschaltbild für die Parallelschaltung von zwei Zustandssystemen:



Bestimmen Sie zuerst die Matrizen A, B, C und D des Zustandssystems, das das Gesamtsystem beschreibt, und berechnen Sie seine Übertragungsfunktion $H(s)$. Beweisen Sie schließlich,dass $H(s) = H_1(s) + H_2(s)$, wobei $H(s)$ die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems ist und $H_1(s)$ und $H_2(s)$ die Übertragungsfunktionen der einzelnen Zustandssysteme sind.

□