

# Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg

## Studiengang Elektro- und Informationstechnik

Prüfungsfach: **Analoge Schaltungstechnik (SC), WiSe 23/24**

Prüfungstermin: 09.Feb.2024      Studiengruppe: EI4, ISE4

Prüfungsdauer: 90min (planmäßig: 8:30 – 10:00 h),      Raum S54, Platz: \_\_

Zugelassene Hilfsmittel: CASIO fx-991 Version DE X oder älter  
10 S. DIN-A4 eigenhandschriftlich / handwritten

Aufgabensteller: Prof. Dr. Martin Schubert

Student: (bitte leserlich / readable please)      Sem.: \_\_\_\_\_

Name / Last Name: \_\_\_\_\_

Vorname / First Name \_\_\_\_\_ MatNr: \_\_\_\_\_

**>>>> Alle Aufgabenblätter abgeben / Return All Sheets <<<<**

**Zusätzliche Blätter** müssen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer beschriftet werden.  
**Additional Sheets** can only be considered with your name and your matrikelnummer.

**>>>> Bitte keinen Rotstift verwenden ! \*\*\* No red pen please! <<<<<**

D: Maximal erreichbare Punktzahl: 107 \* E: maximum achievable score: 107

### Weitere Hinweise / Further Hints

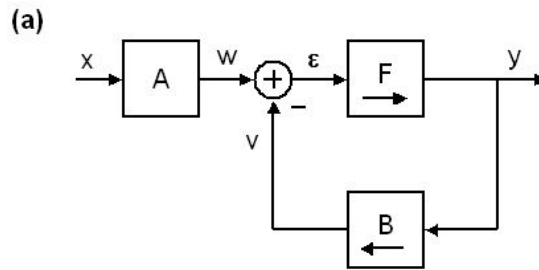
- D: Konkreten Zahlenwerten ist immer ein Ausdruck voranzusetzen, der die Herkunft der Zahl belegt. Bitte 3 Dezimalziffern Genauigkeit, von denen die erste  $\neq 0$  ist.  
E: Numbers require an expression before them to proof their derivation. Accuracy: 3 decimal digits, the first of which is  $\neq 0$ .
- D: Kommas und Punkte in Zahlen werden gleich gewertet. Keine unnötigen Zeichen setzen!**  
**E: Both points and commas in numbers are treated like a German comma or an English point. Avoid unnecessary points and commas in numbers!**
- D: Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass Folgefehler nach Möglichkeit vermieden werden.  
E: You can mostly continue after expressions as “let...” or “assume...”.
- D: Kalkuliert wird ein Zeitbedarf von ca. 1 Punkt pro Minute. Angegebene Punkte können ein wenig angepasst werden. Wägen Sie Aufwand und Punktenutzen bei der Zeiteinteilung ab!  
E: Speed is ca. 1 point per minute, small adjustments possible. Check time expenditure vs. points!

Exam points:	Note:	Datum:	Prüfer:	Prof. Dr. M. Schubert
--------------	-------	--------	---------	-----------------------

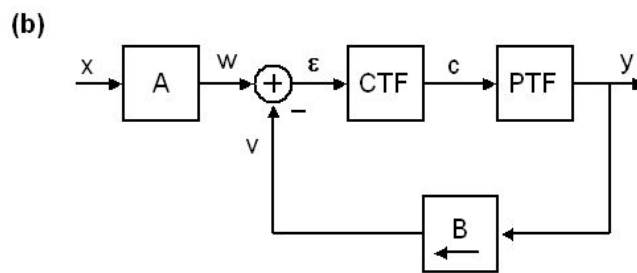
# 1 Lineare Rückkopplung/ Linear Feedback Loops ( $\Sigma=10P$ )

Fig. 1:

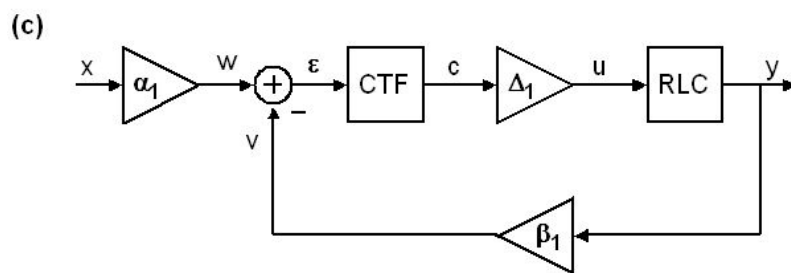
(a)D: Rückkoppl.-  
Schleife mit  
Vorfilter  $A$   
E: Feedback  
loop with  
upstream  
network  $A$



(b)D: Aufteilung  
des Vorwärts-  
Netzwerks  $F$   
E: Splitting  
forward  
network  $F$



(c)D: weitere  
Detailierung  
E: Further  
detailing.



D: Was ist die Übertragungsfunktion der rückgekoppelten Schleife  $LTF = Y / W$  in Fig. 1(a), und wogegen strebt sie für  $|FB| \rightarrow \infty$ ?

E: What is the transfer function of the feedback loop  $LTF = Y / W$  in Fig. 1(a), and towards what does it strive for  $|FB| \rightarrow \infty$ ?

(2P)

**LTF =**

.....

D: Was ist die System-Transferfunktion des Gesamtsystems,  $STF = Y / X$ , in Fig. 1(a), und wogegen strebt sie für  $|FB| \rightarrow \infty$ ?

E: What is the overall system transfer function,  $STF = Y / X$ , in Fig. 1(a), and towards what does it strive for  $|FB| \rightarrow \infty$ ?

(2P)

**STF =**

.....

Sei  $|FB(f=0)| \rightarrow \infty$ . Wählen Sie  $\alpha_1$  in Bildteil (c) so, dass  $STF(f=0) = 1$ .

Let  $|FB(f=0)| \rightarrow \infty$ . Set  $\alpha_1$  in Fig. 1 (c) such, that  $STF(f=0) = 1$ .

$\alpha_1 =$

(1P)

.....

D: Der Tiefpass sei charakterisiert durch	$LP(s) = \frac{a_{lp0} + a_{lp1} \cdot s + a_{lp2} \cdot s^2 + a_{lp3} \cdot s^3}{b_{lp0} + b_{lp1} \cdot s + b_{lp2} \cdot s^2 + b_{lp3} \cdot s^3}$	(1.1)
E: Let the low-pass be characterized by		

D: Übertragungsfunktion der Strecke	$PTF(s) = \frac{a_{p0} + a_{p1} \cdot s + a_{p2} \cdot s^2 + a_{p3} \cdot s^3}{b_{p0} + b_{p1} \cdot s + b_{p2} \cdot s^2 + b_{p3} \cdot s^3}$	(1.2)
E: Let process transfer function		

D: Sei  $\Delta_I$  konstant in Fig. 1. Schreiben Sie die  $PTF(s)$  als Funktion von  $\Delta_I$  und  $LP(s)$ .

E: Let  $\Delta_I$  be constant in Fig. 1. Note in the  $PTF$  as a function of  $\Delta_I$  and  $LP(s)$ .

(1P)

**PTF =**

.....

D: Sei  $\Delta_I$  konstant. Notieren Sie die Koeffizienten von  $PTF(s)$  als Funktion von  $\Delta_I$ ,  $a_{lp\#}$ ,  $b_{lp\#}$ .

E: Let  $\Delta_I$  be const. Note in table  $PTF$  the coefficients of  $PTF(s)$  as a function of  $\Delta_I$ ,  $a_{lp\#}$ ,  $b_{lp\#}$ .

(4P)

Table  $PTF$ :

$a_{p0} =$		,	$a_{p1} =$	
$a_{p2} =$		,	$a_{p3} =$	
$b_{p0} =$		,	$b_{p1} =$	
$b_{p2} =$		,	$b_{p3} =$	

## 2 Leistungsverstärker / Power Amplifier (Σ=12P)

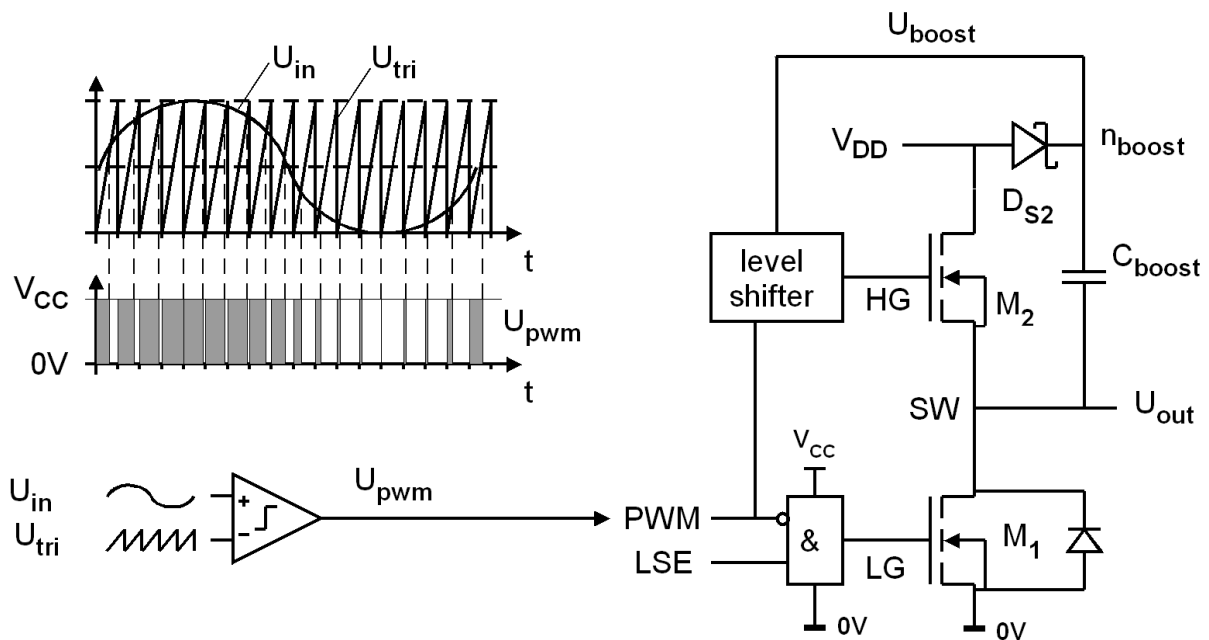


Fig. 2.1: (a) pulse-width modulator (PWM),

(b) power buffer

D: Fig. 2.1 zeigt einen Pulsweitenmodulator (PWM). Wo befindet sich der Demodulator?

E: Fig. 2.1 shows a pulse width modulator (PWM). Where is the system's demodulator?

(1P)

.....

D: Warum verwenden wir einen PWM zur Spannungswandlung im Leistungsbereich?

E: Why do we use pulse-width modulation for voltage conversion in the power range?

(1P)

.....

D: Das System in Fig. 2.1 werde modelliert als  $\bar{u}_{out} = \Delta_0 + \Delta_1 u_{in} + \Delta_2 u_{in}^2 + \Delta_3 u_{in}^3 + \dots$ . Was folgt für die Koeffizienten  $\Delta_{\#}$  (mit  $\# = 1, 2, 3, 4, \dots$ ), wenn wir ideale Linearität annehmen?

E: The system in Fig. 2.1 is modeled as  $\bar{u}_{out} = \Delta_0 + \Delta_1 u_{in} + \Delta_2 u_{in}^2 + \Delta_3 u_{in}^3 + \dots$ . What follows for the coefficients  $\Delta_{\#}$  (with  $\# = 1, 2, 3, 4, \dots$ ), if we assume ideal linearity?

(2P)

.....

D: In Fig 2.1 sei  $V_{CC} = 3V$  und  $V_{DD} = 12V$ ,  $U_{in} = 1-2V$ . Verstärkung  $\Delta_1$  als Formel und Wert?

E: In Fig 2.1 let  $V_{CC} = 3V$  and  $V_{DD} = 12V$ ,  $U_{in} = 1-2V$ . Gain  $\Delta_1$  as a formula and value?

(2P)

.....

D: Vergleicht man eine elektrische Kapazität mit einem Wasserglas gemäß Fig. 2.2 und das elektrische Potential  $U$  mit der Höhe, welche mechanischen Eigenschaften entsprechen dann der elektrischen Kapazität  $C$  und der elektrischen Ladung  $Q$ ?

E: If we compare an electrical capacity with a glass of water acc. to Fig. 2.2 and the electrical potential  $U$  with the height, which mechanical properties do then correspond to the electrical capacity  $C$  and to the electrical charge  $Q$ ?

(2P)

.....

D: In Fig. 2.2 ist die Kapazität  $C_{boost}$  aus Fig. 2.1 als Wasserglas dargestellt. Welcher Knotenspannung in Fig. 2.1 entspricht die Höhe des Bodens des Glases?

E: In Fig. 2.2 the capacity  $C_{boost}$  of Fig. 2.1 is shown as a glass of water. What node voltage in Fig. 2.1 corresponds to the height of the bottom of the glass?

(1P)

.....

D: Warum füllt sich das Glas in Fig. 2.2(a) nur bis zur Wasserhöhe  $V_{CC} - U_D$  und nicht bis  $V_{CC}$ ? Wo geht im mechanischen Äquivalent der Wasserdruck entsprechend  $U_D$  verloren?

E: Why does the glass in Fig. 2.2(a) only fill up to the water level  $V_{CC} - U_D$  and not up to  $V_{CC}$ ? Where is the water pressure corresponding to  $U_D$  lost in the mechanical equivalent?

(1P)

.....

D: Warum verwenden wir keinen P-Kanal Power-MOSFET und warum brauchen wir eine Spannung  $> V_{DD}$ ?

E: Why don't we use a P-channel power MOSFET and why do we need a voltage  $> V_{DD}$ ?

(2P)

.....

.....

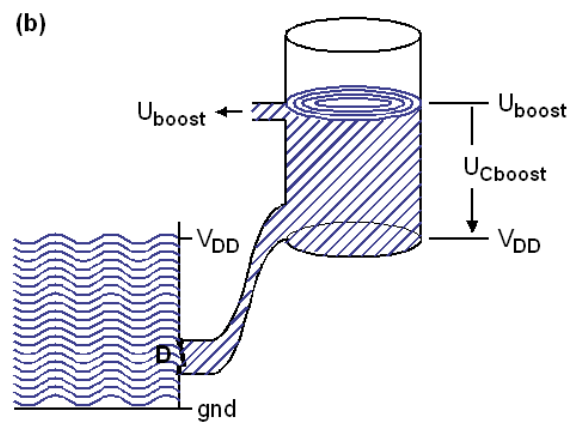
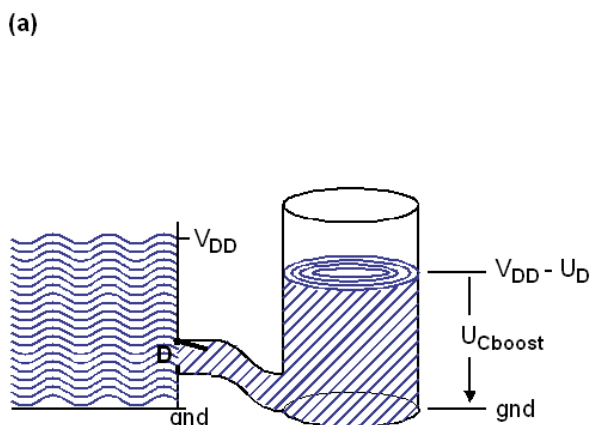
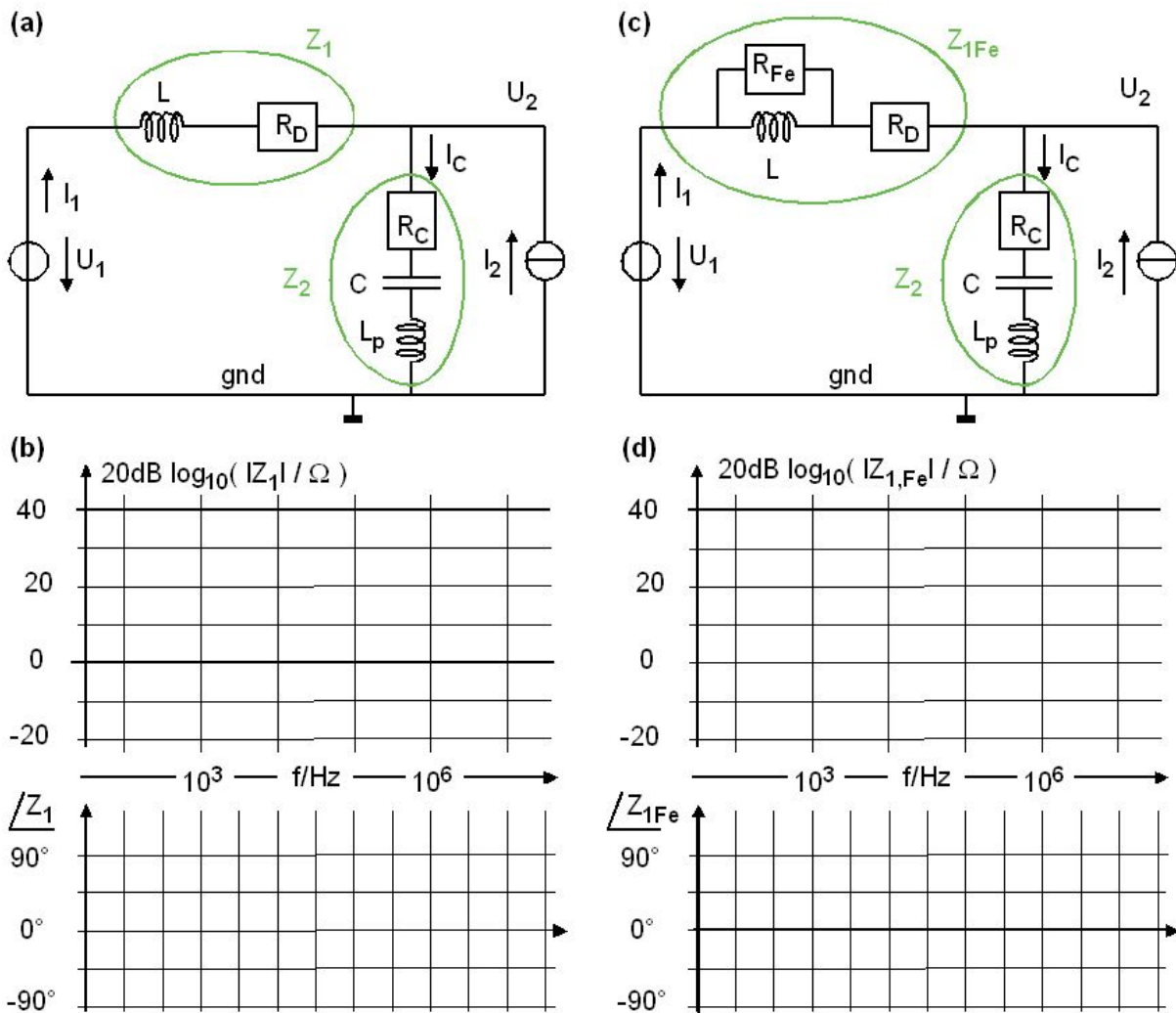


Fig. 2.2: (a) Filling the water-glass,

(b) Water-glass raised to deliver  $U_{boost} > V_{DD}$

### 3 Tiefpass-Modellierung / Low-Pass Modeling ( $\Sigma=26P$ )



**Fig. 3:** RLC-lowpass (a)  $Z_L$  without  $R_{Fe}$ , and (b) frequency domain response of  $Z_L$ , and of

(c)  $Z_{LFe}$  with  $R_{Fe}$  (d)  $Z_{LFe}$  with  $R_{Fe}$

D: Skizzieren Sie in Fig. 3(b) Betrag und Phase von  $Z_L / \Omega$ , mit  $Z_L$  gemäß Fig. 3(a). Es sei  $R_D = 100\text{m}\Omega$  und die Nullstelle bei 1 KHz. (Bedenke:  $Z_L(f=0)$ ,  $Z_L(f \rightarrow \infty)$ , Ordnung.) (2P)

E: Sketch in Fig. 3(b) magnitude and phase of  $Z_L / \Omega$ , with  $Z_L$  as defined in Fig. 3(a). Let  $R_D = 100 \text{ m}\Omega$  and the zero at 1 KHz. (Consider:  $Z_L(f=0)$ ,  $Z_L(f \rightarrow \infty)$ , order.)

D: Skizzieren Sie in Fig. 3(d) Betrag und Phase von  $Z_{LFe} / \Omega$ , mit  $Z_{LFe}$  gemäß Fig. 3(c). Gegeben sei  $R_D = 100\text{m}\Omega$ ,  $R_{Fe} = 100\Omega$  und Nullstelle bei 1 KHz. (Denke:  $f=0$ ,  $f \rightarrow \infty$ ?) (4P)

E: Sketch in Fig. 3(d) magnitude and phase of  $Z_{LFe} / \Omega$ , with  $Z_{LFe}$  as defined in Fig. 3(c). Let  $R_D = 100\text{m}\Omega$ ,  $R_{Fe} = 100 \Omega$  and a zero at 1 KHz. (Think:  $Z_{CFe}(f=0)$ ,  $Z_{CFe}(f \rightarrow \infty)$ , order.)

D: Welchen physikalischen Effekt modelliert im Standard-L-Modell  $R_{Fe}$ ?

E: Which physical effect is modeled by  $R_{Fe}$  in the standard  $L$  model? (2P)

.....

D: Sei	$Z_{LFe} = \frac{c(s)}{d(s)} = \frac{c_0 + c_1 \cdot s}{d_0 + d_1 \cdot s},$	(3.1)
E: Let		

D: Berechnen Sie die Koeffizienten  $a_{\#}, b_{\#}$  als Funktion der Bauelemente in Fig. 1(c) und tragen Sie diese in *Tab.  $Z_{LFe}$*  ein.

E: Calculate the coefficients  $a_{\#}, b_{\#}$  as a function of the components in Fig. 1(c) and enter them in *Tab.  $Z_{LFe}$* .

(2P)

$Z_{LFe} = \dots$

.....

.....

**Tab.  $Z_{LFe}$**

$c_0 =$		,	$c_1 =$		
$d_0 =$	<b>1</b>	,	$d_1 =$		

D: Sei	$Z_2 = \frac{a(s)}{b(s)} = \frac{a_0 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2}{b_0 + b_1 \cdot s + b_2 \cdot s^2}$	(3.2)
E: Let		

D: Berechnen Sie die Koeffizienten  $c_{\#}, d_{\#}$  als Funktion der Bauelemente in Fig. 1(c) und tragen Sie diese in *Tab.  $Z_C$*  ein.

E: Calculate the coefficients  $c_{\#}, d_{\#}$  as a function of the components in Fig. 1(c) and enter them in *Tab.  $Z_C$* .

(2P)

$Z_C =$

.....

.....

**Tab.  $Z_C$**

$a_0 =$	<b>1</b>		$a_1 =$			$a_2 =$	
$b_0 =$			$b_1 =$			$b_2 =$	

D: Sei	Low-Pass Transfer Function $LP(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} \Big _{I_2=0} = \frac{Z_C(s)}{Z_L(s) + Z_C(s)}$
E: Let	

D: Wir schreiben Sie  $LP(s)$  als Funktion von  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  mit nur einem Bruchstrich.  
 E: We write the low pass  $LP(s)$  as functions of  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  with a single fraction bar.

$$LP(s) = \frac{Z_C(s)}{Z_L(s) + Z_C(s)} = \frac{\frac{a(s)}{b(s)}}{\frac{a(s)}{b(s)} + \frac{c(s)}{d(s)}} = \frac{a(s) \cdot d(s)}{a(s) \cdot d(s) + b(s) \cdot c(s)} \quad (3.3)$$

D: Das führt zu / E: That leads to:

$$LP(s) = \frac{a_0 d_0 + (a_1 d_0 + a_0 d_1) \cdot s + (a_2 d_0 + a_1 d_1) \cdot s^2 + a_2 d_1 \cdot s^3}{a_0 d_0 + (a_1 d_0 + a_0 d_1 + b_1 c_0) \cdot s + (a_2 d_0 + a_1 d_1 + b_1 c_1) \cdot s^2 + a_2 d_1 \cdot s^3} \quad (3.4)$$

D: Mit	$LP(s) = \frac{a_{f0} + a_{f1} \cdot s + a_{f2} \cdot s^2 + a_{f3} \cdot s^3}{b_{f0} + b_{f1} \cdot s + b_{f2} \cdot s^2 + b_{f3} \cdot s^3}$	eingetragen in <i>Tabelle LP</i> liefert
E: With		noted in <i>Table LP</i> delivers

Table LP (low-pass filter transfer function):

$a_{f0} =$	$\mathbf{a_0 d_0}$	,	$a_{f1} =$	$\mathbf{a_1 d_0 + a_0 d_1}$	,	$a_{f2} =$	$\mathbf{a_2 d_0 + a_1 d_1}$	,	$a_{f3} =$	$\mathbf{a_2 d_1}$
$b_{f0} =$	$\mathbf{a_0 d_0}$	,	$b_{f1} =$	$\mathbf{a_1 d_0 + a_0 d_1 + b_1 c_0}$	,	$b_{f2} =$	$\mathbf{a_2 d_0 + a_1 d_1 + b_1 c_1}$	,	$b_{f3} =$	$\mathbf{a_2 d_1}$

D: Wogegen strebt das Modell  $LP(s)$  für  $f \rightarrow 0$ ? (Formel und Wert!)  
 E: What value does the model  $LP(s)$  strive for  $f \rightarrow 0$ ?

(2P)

$LP(s) \Big|_{s=j0} =$   
 .....

D: Wogegen strebt das Modell  $LP(s)$  für  $f \rightarrow \infty$ ? (Formel und Wert!)  
 E: What value does the model  $LP(s)$  strive for  $f \rightarrow \infty$ ?

(2P)

$LP(s) \xrightarrow{s \rightarrow j\infty}$   
 .....

D: Sei	Inference Transfer Function $QTF(s) = \left. \frac{U_2(s)}{I_2(s)} \right _{U_1=0} = \frac{Z_L(s) \cdot Z_C(s)}{Z_L(s) + Z_C(s)}$
E: Let	

D: Schreiben Sie  $QTF(s)$  als Funktion von  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  in der Kurzform mit nur einem Bruchstrich wie in Gleichung (3.3).

E: Write  $QTF(s)$  as a function of  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  in the short form with a single fraction bar as in equation (3.3).

(2P)

$QTF(s) =$

.....

.....

D: Begründen Sie physikalisch, warum die Nenner von  $LP(s)$  und  $QTF(s)$  identisch sein müssen.

E: Give a physical reason why the denominators of  $LP(s)$  and  $QTF(s)$  must be identical.

(2P)

.....

.....

D: Berechnen Sie den Zähler von  $QTF(s)$  als Polynom von  $s$  wie in Gl. (3.4). Ersetzen Sie dazu  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  durch ihre Polynome. Lassen Sie dabei Koeffizienten weg, die null sind. Tragen Sie die Ergebnisse als  $f(a_{\#}, b_{\#}, c_{\#}, d_{\#}), \# = 0 \dots 3$  in *Tabelle QTF* ein.

E: Calculate the numerator of  $QTF(s)$  as polynomial of  $s$  as demonstrated in Eq. (3.4). To do so, replace  $a(s), b(s), c(s), d(s)$  with their polynomials and omit coefficients that are zero. Enter the results as  $f(a_{\#}, b_{\#}, c_{\#}, d_{\#}), \# = 0 \dots 3$  in *Table QTF*.

(6P)

$QTF(s) =$

.....

.....

**Table QTF**, assuming  $QTF(s) = (a_{q0} + a_{q1} \cdot s + a_{q2} \cdot s^2 + a_{q3} \cdot s^3) / (b_{q0} + b_{q1} \cdot s + b_{q2} \cdot s^2 + b_{q3} \cdot s^3)$

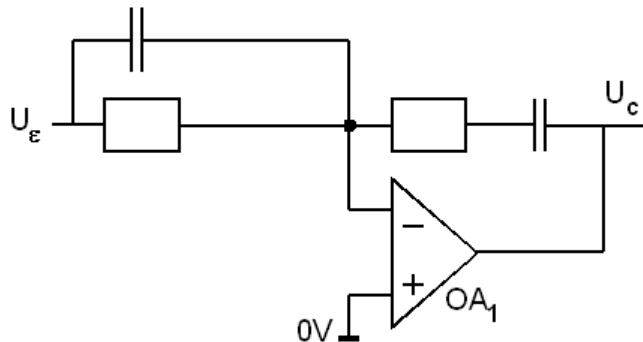
$a_{q0} =$	$a_0 \cdot c_0$	,	$a_{q1} =$	
$a_{q2} =$		,	$a_{q3} =$	

# 4 OpAmps: PID-Regler / PID Controller (Σ=13P)

**Fig. 4:**

D: Analoge Regelschaltung mit OPV

E: Analog frequency compensator with OpAmp



$$CTF(s) = \frac{U_c(s)}{U_\epsilon(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s \quad (4.1)$$

D: Gegeben sei ein linearer *PID*-Regler gemäß Gl. (4.1). Kennzeichnen Sie in Fig. 4 die für den Integrator bestimmenden, passiven Bauelemente mit "*R<sub>i</sub>*" und "*C<sub>i</sub>*".

E: A linear *PID* controller is given according to Eq. (4.1). In Fig. 4, mark the passive components that determine the integrator, with labels "*R<sub>i</sub>*" and "*C<sub>i</sub>*", respectively. (2P)

D: Gegeben sei ein linearer *PID*-Regler gemäß Gl. (4.1). Kennzeichnen Sie in Fig. 4 die für den Differentiator bestimmenden, passiven Bauelemente mit "*R<sub>d</sub>*" und "*C<sub>d</sub>*".

E: A linear *PID* controller is given according to Eq. (4.1). In Fig. 4, mark the passive components that determine the differentiator, with labels "*R<sub>d</sub>*" and "*C<sub>d</sub>*". (2P)

Gegeben:	$R_i, K_{pR} = \frac{K_p}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - 4 \frac{K_i K_d}{K_p^2}} \right), R_d = K_{pR} R_i, C_i = \frac{1}{R_i K_i}, C_d = \frac{K_d}{R_d}$
Given:	

D: Bedingung an *K<sub>p</sub>*, um die Berechnung eines reellen Wertes für *R<sub>d</sub>* zu ermöglichen?

E: What condition do we have to impose on *K<sub>p</sub>* to get a real value for *R<sub>d</sub>*? (1P)

.....

D: Sei *R<sub>i</sub>* = 10 KΩ, ω<sub>x</sub> = 2π · 1 KHZ, *K<sub>i</sub>* = ω<sub>x</sub>, *K<sub>d</sub>* = 1/ω<sub>x</sub>, *K<sub>p</sub>* = 2. Berechnen Sie *R<sub>d</sub>*, *C<sub>i</sub>*, *C<sub>d</sub>*.

E: Let *R<sub>i</sub>* = 10 KΩ, ω<sub>x</sub> = 2π · 1 KHZ, *K<sub>i</sub>* = ω<sub>x</sub>, *K<sub>d</sub>* = 1/ω<sub>x</sub>, *K<sub>p</sub>* = 2. Calculate *R<sub>d</sub>*, *C<sub>i</sub>*, *C<sub>d</sub>*. (8P)

**K<sub>pR</sub>** =

.....

**R<sub>d</sub>** =

.....

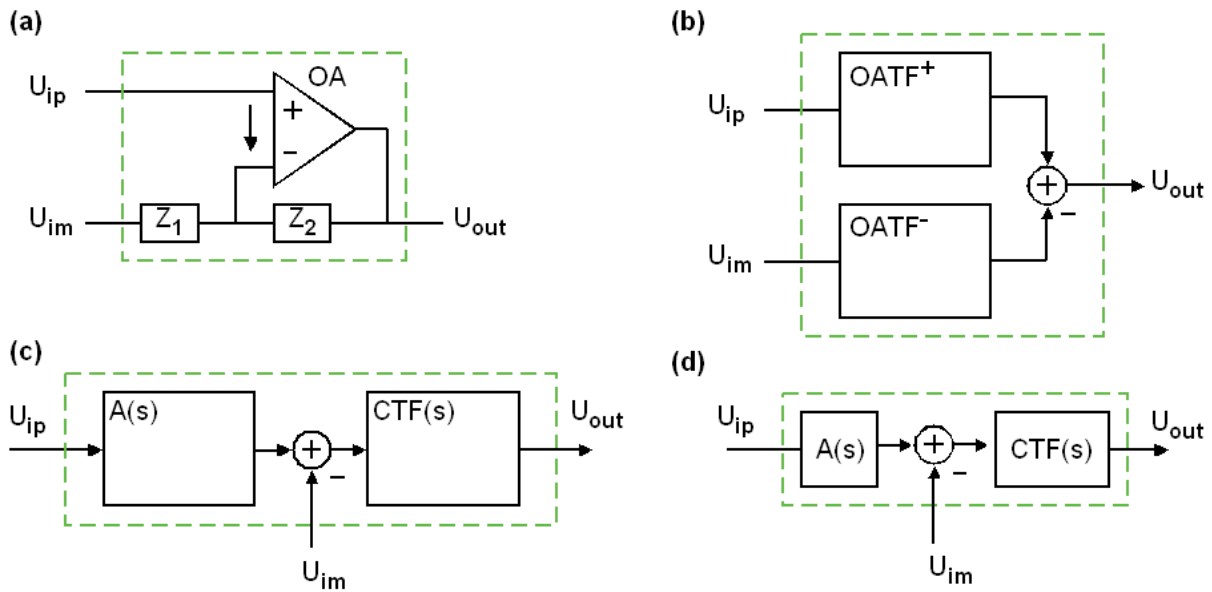
**C<sub>i</sub>** =

.....

**C<sub>d</sub>** =

.....

### 5 Differenzpunkt mit OPV / Diff. Point with OpAmp ( $\Sigma=17P$ )



**Fig. 5.1:** D: OPV mit Differenzbildung / E: OpAmp with difference formation

- (a) D: Geben Sie für Fig. 5.1(a)  $U_{out}(s)$  als Funktion von  $U_{ip}$ ,  $U_{im}$ ,  $Z_1$  und  $Z_2$  an, die Funktionen der *Laplace*-Variablen  $s$  sind.
- E: For Fig. 5.1(a), give  $U_{out}(s)$  as a function of  $U_{ip}$ ,  $U_{im}$ ,  $Z_1$  and  $Z_2$ , which are functions of the *Laplace* variables  $s$ .

(2P)

.....  
 .....

- (b) D: Die Gleichung in Fig. 5.1(a) lässt sich schematisch gemäß Fig. 5.1(b) darstellen. Schreiben Sie die Übertragungsfunktionen als  $f(Z_1, Z_2)$  in die Boxen.

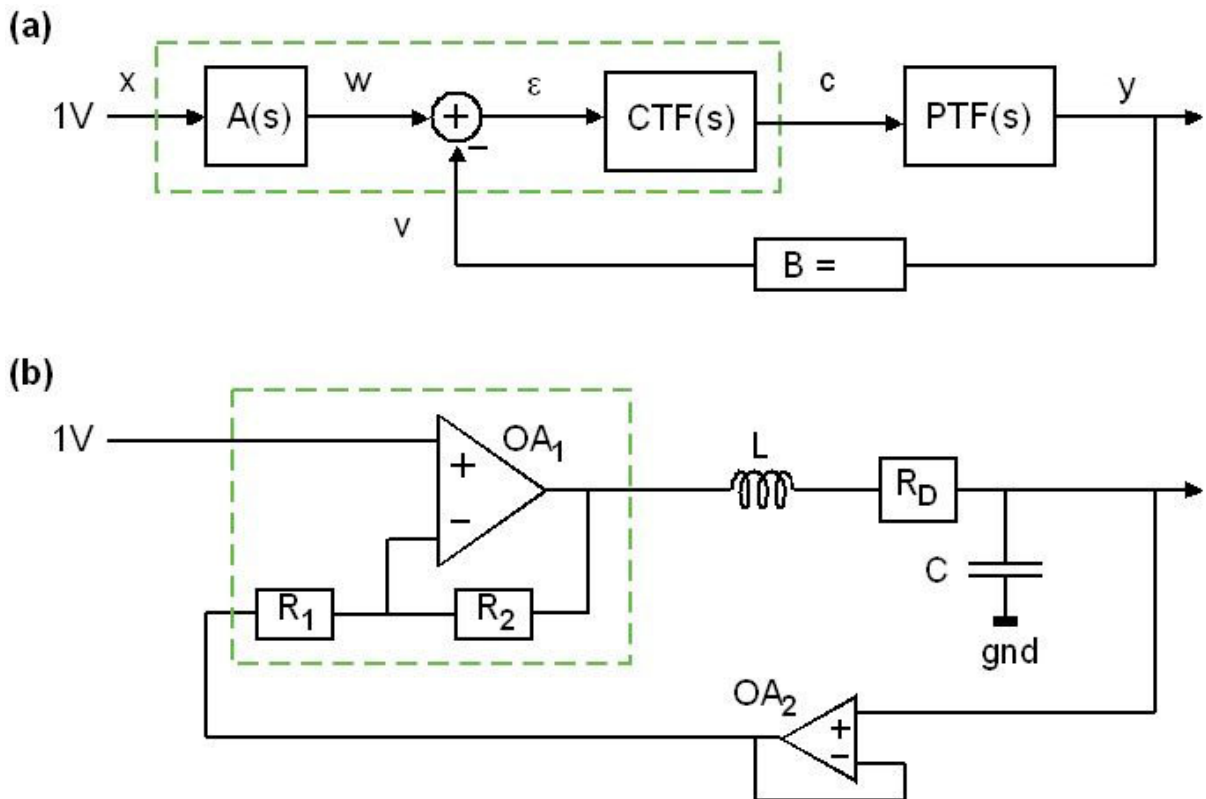
E: The equation in Fig. 5.1(a) can be represented schematically according to Fig. 5.1(b). Write the transfer functions as  $f(Z_1, Z_2)$  into the boxes of Fig. 5.1(b).

(2P)

- (c) D: Bildteil (b) wird umgeformt zu Bildteil (c). Schreiben Sie die Übertragungsfunktionen  $A(s)$  und  $CTF(s)$  jeweils als  $f(Z_1, Z_2)$  in die ....freien Boxen, so dass sich alle 4 Bildteile gleich verhalten.

E: Fig. part (b) is translated into Fig. part (c). Write transfer functions  $A(s)$  and  $CTF(s)$  as  $f(Z_1, Z_2)$  into the free boxes, so that all 4 Fig. parts behave identical.

(2P)



**Fig. 5.2:** D: Regelschleife mit OPV / E: Control loop with OpAmp

D: Bildteile 5.2 (a) und (b) beschreiben die gleiche Regelschleife unterschiedlich abstrakt. Tragen Sie in Bildteil (a) die Übertragungsfunktion des Rückkopplungsnetzwerks  $B$  ein.

E: Fig. parts 5.2 (a) and (b) describe the same control loop on different levels of abstraction. Note the transfer function of feedback network  $B$  in Fig. part (a). (1P)

D: Sei  $CTF(s) = 1$ ,  $R_2=40K\Omega$ . Berechnen Sie  $R_1$ .

E: Let  $CTF(s) = 1$ ,  $R_2=40K\Omega$ . Calculate  $R_1$ . (1P)

D: Geben Sie  $A(s)$  an. (Formel + Wert)

E: Specify  $A(s)$ . (formula and value) (2P)

D: Schreiben Sie die korrekten Spannungswerte an alle Knoten in Bildteil 5.2(a).

E: Write the correct voltages at all nodes in Fig. 5.2 (a) (2,5P)

D: Benennen Sie die Schaltungsknoten in Bildteil (b), die einen äquivalenten Knoten in Bildteil (a) haben, mit Spannungswerten  $U_{\#}$ , wobei  $\#$  für das entsprechende Knoten-Label in Bildteil (a) steht, z.B.  $\# = x, \epsilon, c, \dots$

E: Name the circuit nodes in part (b) that have an equivalent node in part (a) with voltage values  $U_{\#}$ , where  $\#$  represents the corresponding node label in part (a), e.g.  $\# = x, \epsilon, c, \dots$  (2P)

D: Schreiben Sie die korrekten Spannungswerte an alle Knoten in Bildteil 5.2(b).

E: Write the correct voltages at all nodes in Fig. 5.2(b) (2,5P)

## 6 Non-Switching DC-DC (Σ=22P)

D: Diese Aufgabe liefert nicht nur Punkte für richtige Ergebnisse, sondern auch für ingenieurmäßiges Vorgehen. Dazu müssen Sie dieses schriftlich darlegen!

E: This task not only delivers points for correct results, but also for the engineering approach. To do this, you must present this in writing!

### 6.1 Effizienz / Efficiency (Σ=5P)

**Fig. 6**

D: Analoger Spannungsregler ohne Schalter-Technik  
 E: Voltage controller without switch mode technology

$U_{in} = 12V, U_{out} = 5V,$   
 $I_{out} = 10 \dots 640A$

FET  $M_1$ :  
 $V_{Th} = 3V, K = 20A/V^2, \lambda = 0$

D: Fig. 6.1 zeigt einen Tiefsetzsteller ohne PWM und Schaltregelung. Berechnen Sie den Wirkungsgrad definiert als  $\eta = P_{out} / P_{in}$ , für die im Bild gegebenen Daten als Formel und Wert, wobei  $P_{out}$  die Ausgangs- und  $P_{in}$  die Eingangsleistung des Systems sind. Der Energieverbrauch des OPVs sei vernachlässigbar gering.

E: Fig. 6.1 shows a buck converter without PWM and switch-mode control. Calculate the efficiency defined as  $\eta = P_{out} / P_{in}$  for the data given in the picture as formula and value, where  $P_{out}$  and  $P_{in}$  are output and input power of the system, respectively. The energy consumption of the OpAmp is negligibly low.

(3P)

.....

.....

D: Wohin fließt die Differenzleistung  $P_{in} - P_{out}$  ?

E: Where does the difference power  $P_{in} - P_{out}$  flow?

(2P)

.....

### 6.2 MOSFET Verwendung / MOSFET Operation

(Σ=17P)

D: Gegeben sei das MOSFET-Modell	$I_D = \begin{cases} 0 & \text{if } U_{GST} \leq 0 \\ K \cdot (U_{GST} - \frac{1}{2}U_{DS})U_{DS} \cdot (1 + \lambda U_{DS}) & \text{if } U_{GST} > 0, U_{DS} < U_{DS,sat} \\ \frac{K}{2} \cdot U_{GST}^2 \cdot (1 + \lambda U_{DS}) & \text{if } U_{GST} > 0, U_{DS} > U_{DS,sat} \end{cases}$
E: Assume MOSFET model	
M1: $V_{Th} = 3V$ , $K = 20A/V^2$ , $\lambda = 0$	
mit / with: $U_{GST} = U_{GS} - V_{Th} = U_G - U_S - V_{Th}, \quad U_{DS,sat} = U_{GST}$	

PS: D:  $V_{Th}$  ist die Schwellspannung, nicht die Temperaturspannung  $u_T = kT/q$ .  
E:  $V_{Th}$  is threshold voltage, not the thermal voltage  $u_T = kT/q$ .

D: Welcher Spannungsbereich muss in Fig. 6 mit  $U_G$  eingestellt werden können, um einen Ausgangsstrom von 10...640A zu gewährleisten? Ist der dazu notwendige Spannungsbereich für  $U_G$  mit dem OPV  $OA_1$  einstellbar? Begründen Sie Ihre Antworten.

E: Which voltage range must be able to be set with  $U_G$  in Fig. 6 to ensure an output current of 10...640A? Can the necessary voltage range for  $U_G$  be adjusted with the OpAmp  $OA_1$ ? Justify your answers.

(17P)



