

Willkommen zur Prüfung:

Analog- und Digitalelektronik

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
-------	----------	-----------------

Allgemeine Hinweise:

Diese Klausur umfasst 7 Seiten.

Sie haben 90 Minuten Zeit, um die folgenden Aufgaben zu bearbeiten. Hilfsmittel:

- Einfacher Taschenrechner ohne symbolische Mathematik und Datenübertragung.
- Stift, Tinte, vorzugsweise blau (rot ist verboten); Bleistift nur für Zeichnungen

Bitte beachten Sie:

- Leeres Papier sowie Schmierpapier wird ausgeteilt.
- **Beginnen Sie j e d e Aufgabe auf einem n e u e n Blatt!**
- Versehen Sie j e d e s Blatt mit **Namen** und **Matrikelnummer**.
- Sämtliche während der Klausur erstellten Unterlagen sowie die Aufgabenblätter sind komplett abzugeben.
- Doppellösungen werden nicht bewertet, streichen Sie falsche Lösungen durch.
- **Der Rechenweg muss bei jeder Lösung erkennbar sein.**
- Lösungen ohne erkennbaren Lösungsweg oder kurze Begründung werden nicht gewertet.
- Jeder **Betrugsversuch** sowie das Anfertigen von Abschriften der Aufgabenblätter führt zum **sofortigen Ausschluss** von der Klausur sowie zur Bewertung „**Nicht ausreichend**“.

Ich habe die obigen Bedingungen verstanden, stimme diesen zu und bestätige, dass ich diese Klausur selbständig und ohne weitere Hilfsmittel gelöst habe.

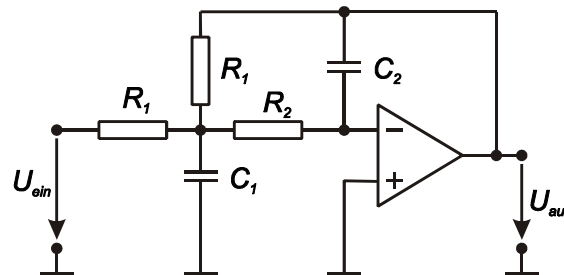
(Unterschrift der/des Studierenden)

Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Σ	Note
/10	/9	/8	/14	/41	

Nun keine Panik und viel Erfolg !

1. Aufgabe Antialiasfilter

Um Störungen durch schaltende Verbraucher zu unterdrücken und das Aliasing beim A/D-Umsetzen zu verhindern, soll dem Instrumentenverstärker aus Aufgabe 1 ein Tiefpassfilter 2. Ordnung mit einer Grenzfrequenz von 50 Hz nachgeschaltet werden. Dazu wird folgende Schaltung verwendet:



$$C_1 = 100 \text{ nF}; C_2 = 15 \text{ nF}$$

$$\text{mit: } H(s) = -\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + C_2 (R_1 + 2R_2) s + 1}$$

- 1.1 Dimensionieren Sie die Schaltung als Butterworth-Tiefpass 2. Ordnung. Verwenden Sie für den Entwurf folgende normierte Übertragungsfunktion des Butterworth-Tiefpasses 2.Ordnung:

$$H(S) = \frac{1}{S^2 + \sqrt{2} S + 1}$$

(5 Punkte)

- 1.2 Das hier entworfene Filter invertiert das Messsignal. Durch welche einfache schaltungstechnische Maßnahme ist dieses Fehlverhalten des Gesamtsystems aus Instrumentenverstärker, Tiefpass und A/D-Umsetzer wieder korrigierbar?

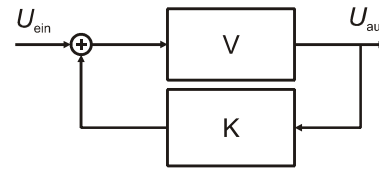
(1 Punkt)

- 1.3 Warum wird hier ein Butterworth-Filter verwendet? Woraufhin wurde dieses Filter optimiert? Nennen Sie auch die Eigenschaften des Bessel, Tschebyscheff und Cauer-Filters.

(4 Punkte)

Aufgabe 2 Wien-Robinson-Brücken-Oszillator

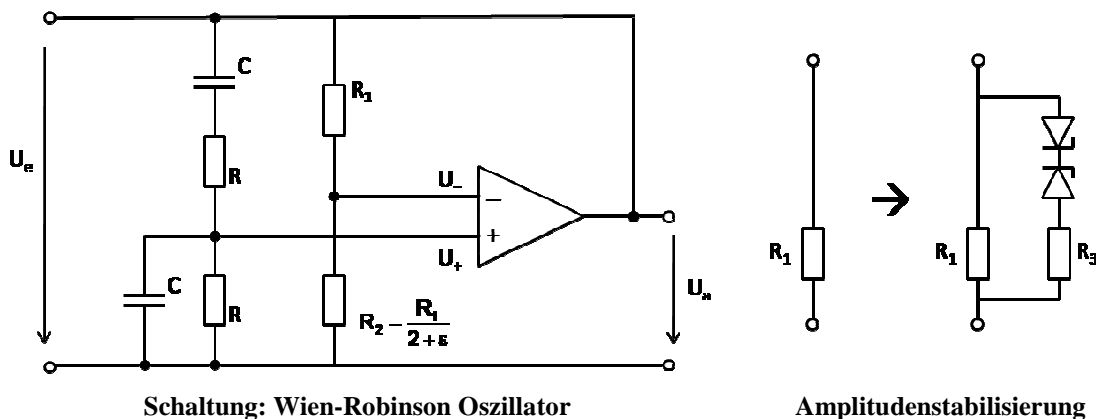
Es soll ein Oszillator mit Hilfe eines Rückgekoppelten Verstärkers aufgebaut werden. Die Schaltung hat folgende Struktur:



- 2.1 Wo müssen die **Polstellen** der Übertragungsfunktion im PN-Plan liegen, damit das System **stabil** ist?

Wo liegen sie bei einem selbständig schwingenden Oszillator? Welche Bedingungen gelten hier für **Betrag und Phase** der **Schleifenverstärkung** $V \cdot K$? (2 Punkte)

Folgende Schaltung wird für den Rückkoppelzweig des Oszillators verwendet:



Schaltung: Wien-Robinson Oszillator

Amplitudenstabilisierung

- 2.2 Die Übertragungsfunktion der Wien-Robinson-Brücke ohne Amplitudenstabilisierung lautet:

$$K(j\omega) = \frac{U_+}{U_e} - \frac{U_-}{U_e} = \frac{1}{3 + j \cdot \left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC} \right)} - \frac{1}{3 + \epsilon}$$

Bestimmen Sie die **Schwingfrequenz** ω_0 ! (1 Punkt)

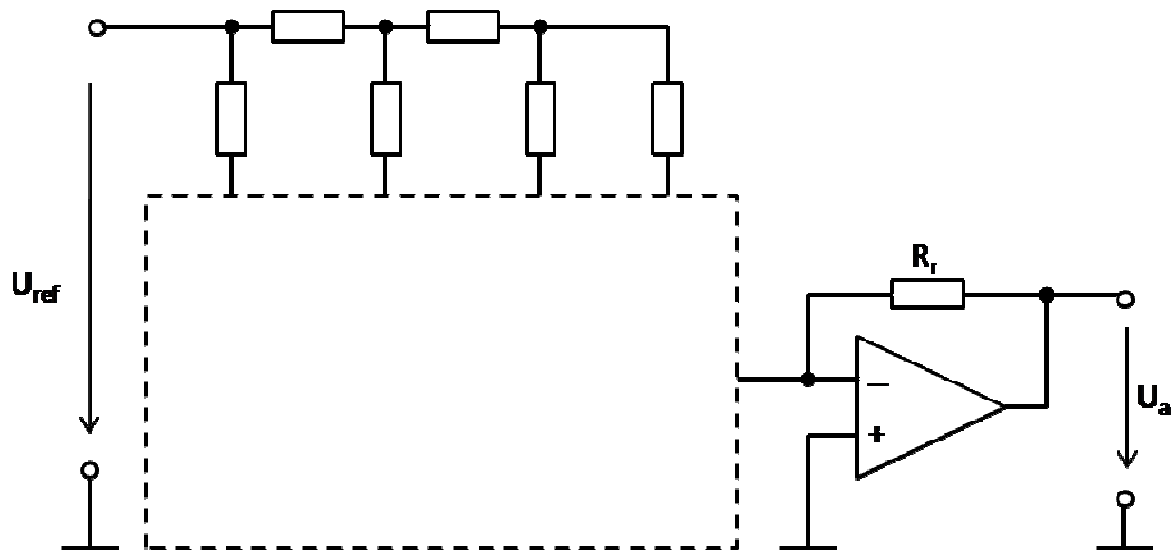
- 2.3 Wie groß müsste die **Verstärkung** V in Abhängigkeit von ϵ sein? Was passiert für den Sonderfall $\epsilon=0$? (1 Punkt)

- 2.4 Die Brücke werde nun zum selbständigen Anschwingen mit $\epsilon > 0$ leicht verstimmt. Für die Verstärkung wird ein Operationsverstärker mit nahezu idealen Eigenschaften verwendet. Lediglich sein Aussteuerungsbereich sei durch die Betriebsspannung begrenzt. Was passiert in diesem Fall mit dem Ausgangssignal? (1 Punkt)

- 2.5 Um diesen Effekt zu vermeiden, wird eine **Amplitudenstabilisierung** eingefügt. Dazu wird der Widerstand R_1 durch die oben angegebene Schaltung aus Widerständen und Z-Dioden ersetzt. Erklären Sie die Funktionsweise kurz anhand von $\frac{U_-}{U_e}$! (3 Punkte)

- 2.6 Was ist der entscheidende Unterschied zwischen dem Phasenschieber-Oszillator und dem Wien-Robinson-Oszillator? (1 Punkt)

Aufgabe 3 DA-Umsetzer



- 3.1 Der DA-Umsetzer aus der obigen Schaltung soll in der Lage sein, ein digitales 3-Bit-Wort in eine analoge Ausgangsspannung umzusetzen. **Vervollständigen** Sie die Schaltung des Umsetzers entsprechend! Tragen Sie die benötigten **Widerstandsverhältnisse** ein und kennzeichnen Sie das **LSB** und **MSB**! (4 Punkte)
- 3.2 Ein Leiternetzwerk kann auch als **äquivalenter Widerstand** $R_{\text{äq}}$ aufgefasst werden. Errechnen Sie diesen in Abhängigkeit von der angelegten Binärzahl Z . (2 Punkte)
- 3.3 Zeigen Sie, wie sich ein Leiternetzwerk auch zur **Multiplikation** von einer digitalen Zahl und einer analogen Spannung einsetzen lässt. (2 Punkt)

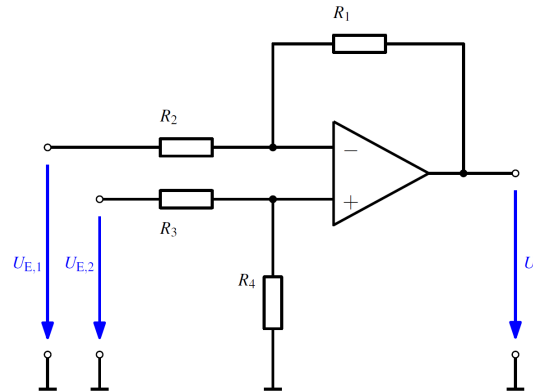
Aufgabe 4 Verständnisfragen

4.1 **Eigenschaften eines idealen Operationsverstärkers** (2 Punkte)

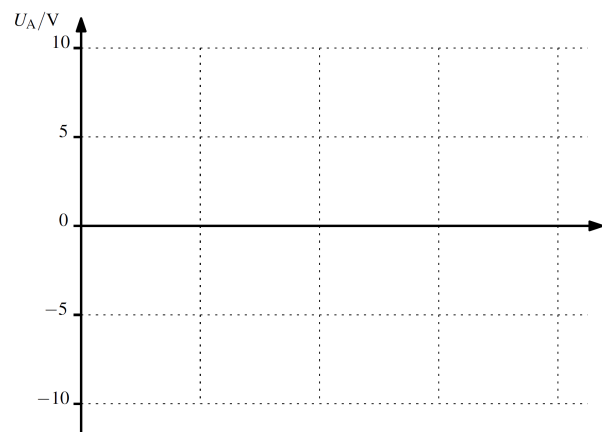
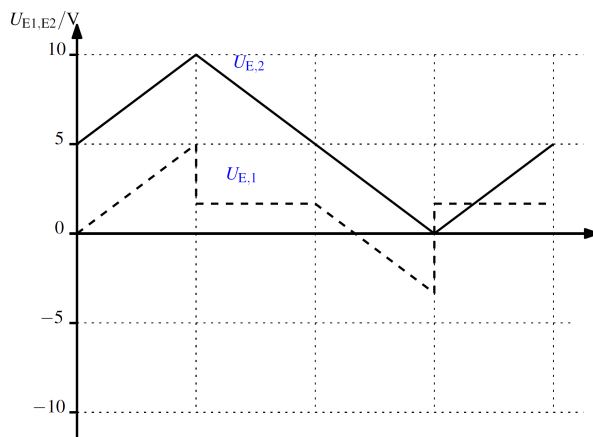
Nennen Sie mindestens vier wesentliche Unterschiede zwischen einem realen und einem idealen Operationsverstärker!

4.2 **Spannungsverlauf** (2 Punkte)

Um welchen Grundtyp handelt es sich bei der gegebenen Schaltung? Skizzieren Sie den Verlauf der Ausgangsspannung!



Es gilt $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 37,91 \Omega$



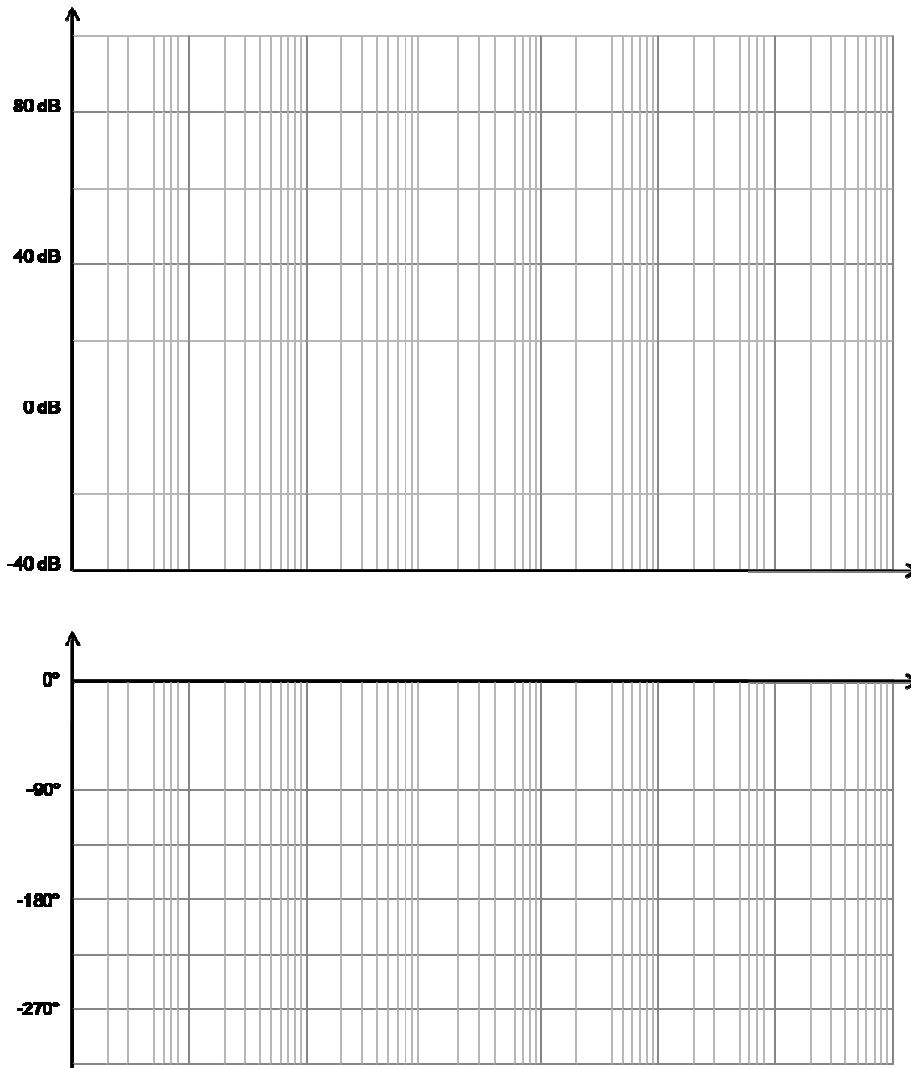
4.3 **Stabilitätsbetrachtung** (4 Punkte)

Mit der folgenden Gleichung ist die Schleifenverstärkung eines rückgekoppelten Systems gegeben:

$$V_s = \frac{10000}{\left(1 + \frac{j\omega}{0,01 \cdot \omega_0}\right) \left(1 + \frac{j\omega}{\omega_0}\right) \left(1 + \frac{j\omega}{10 \cdot \omega_0}\right)}$$

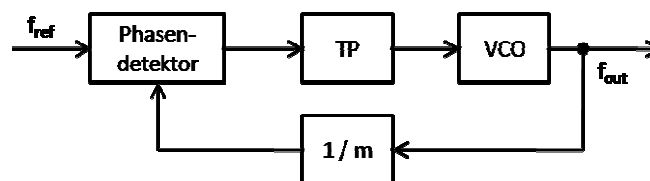
a. **Zeichnen Sie Betrag und Phase** der Schleifenverstärkung im Bereich von $0,001 \cdot \omega_0$ bis $100 \cdot \omega_0$ in das Bode-Diagramm auf dieser Seite! Verwenden Sie Asymptotische Näherungen und beschriften Sie die Achsen entsprechend!

b. Begründen Sie, ob das System stabil ist! Geben Sie zudem die Phasenreserve an!



4.4 PLL

(2 Punkte)



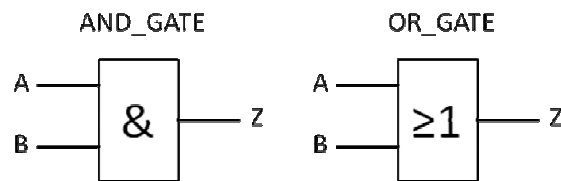
Wie wird die gegebene **PLL-Anwendung** bezeichnet und welche Funktion hat sie?
Geben Sie dazu den Zusammenhang zwischen der Frequenz des Referenzsignals und der des Ausgangs an!

4.5 Programmierbare Logik

(4 Punkte)

- a. Nennen Sie mindestens drei Unterschiede zwischen einem CPLD und einem FPGA!

Nun soll ein struktureles **VHDL-Modell analysiert** werden. Dazu seien bereits die Module AND_GATE und OR_GATE mit jeweils zwei Eingängen gegeben. Ihre Schnittstellen und Entity-Namen sind in der folgenden Darstellung gegeben.



Die Module werden in folgender VHDL-Beschreibung instanziiert:

```

entity SCHALTNETZ is
    port ( INPUT: in bit_vector(1 downto 0);
          S:      in bit;
          OUTPUT: out bit);
end SCHALTNETZ;

architecture BEHAVIOUR of SCHALTNETZ is

    component AND_GATE                -- Bekanntmachen des AND-GATE
    port ( A, B: in bit;
          Z:  out bit);
    end component;

    component OR_GATE                 -- Bekanntmachen des OR-GATE
    port ( A, B: in bit;
          Z:  out bit);
    end component;

    signal SIG_0, SIG_1, SIG_2 : bit;

begin

    SIG_0 <= not S;

    A1:  AND_GATE port map(A => INPUT(0), B => SIG_0, Z => SIG_1);
    A2:  AND_GATE port map(A => INPUT(1), B => S      , Z => SIG_2);

    O1:  OR_GATE  port map(A => SIG_1,    B => SIG_2, Z => OUTPUT);

end BEHAVIOUR;
    
```

- b. Skizzieren Sie das **Schaltbild** mit allen Signal- und Instanzennamen!
- c. Welche **Funktion** erfüllt das Schaltnetz?