

# Analogelektronik WS2003/SS2004

## Musteraufgaben mit Musterlösungen

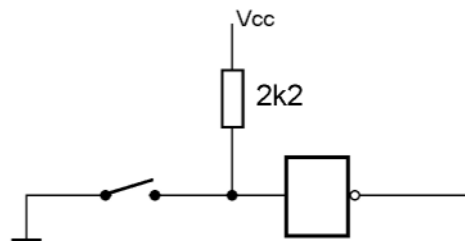
Stand: 3. 1. 05

1. Für einen Schalter wird ein minimaler Schaltstrom von 2 mA gefordert. Wozu ist es erforderlich, diesen Wert einzuhalten?

Um eine sichere Kontaktgabe zu gewährleisten -- Oxidschichten und andere Ablagerungen sollen gleichsam abgebrannt werden.

2. Schließen Sie den Schalter von Aufgabe 1 an einen Eingang eines Schaltkreises an, der eine Betriebsspannung von + 5 V hat. Geben Sie die Schaltung an und dimensionieren Sie ggf. erforderliche weitere Bauelemente.

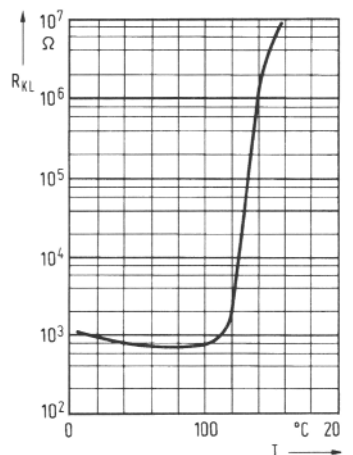
$R = U : I$ ;  $5 \text{ V} : 2 \text{ mA} = 2,5 \text{ k}\Omega$ . Wir wählen einen Widerstand  $2\text{k}2$ .



3. Ein Widerstand hat die Wertangabe 3K3F. Geben Sie den kleinsten und den größten zulässigen Widerstandswert an (in Ohm).

$3\text{K}3 = 3,3 \text{ k}\Omega$ . F kennzeichnet eine Toleranz von  $\pm 1\%$ .  $1\%$  von  $3,3 = 0,033$ . Somit ist der Kleinstwert  $3,3 - 0,033 = 3,267 \text{ k}\Omega$  und der Größtwert  $3,3 + 0,033 = 3,333 \text{ k}\Omega$ .

4. Welcher Bauelementtyp ist in der folgenden Kennlinie (Abb. 1) dargestellt?



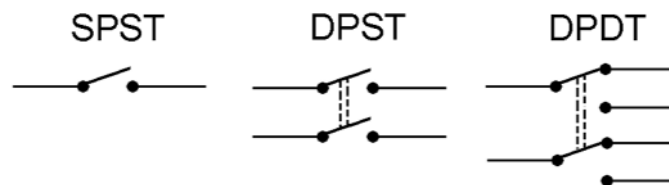
**Abb. 1** Eine Bauelementekennlinie

Der Widerstand wächst offensichtlich mit steigender Temperatur. Es handelt sich also um einen Kaltleiter (PTC-Widerstand).

5. Wie sehen folgende Schaltertypen als Kontaktanordnung aus?

SPST - DPST - DPDT

SPST = einpolig, zwei Stellungen; DPST = zweipolig, zwei Stellungen; DPDT = zweipolig, zwei Stellungen, Wechselkontakte (zweipoliger Umschalter).



6. Welches Problem ergibt sich, wenn wir mit einem Leistungselement eine elektromagnetische Einrichtung (Relais oder Betätigungsmagnet) ansteuern? Nennen Sie wenigstens zwei Möglichkeiten der Abhilfe.

Beim Ausschalten entsteht eine Abschalt-Spannungsspitze (Gegeninduktion): Abhilfe:

1. Freilaufdiode,
  2. Freilaufdiode mit Zenerdiode,
  3. nichts tun: Leistungselement einsetzen, das die Spannungsspitze aushält,
  4. RC-Netzwerk (Snubber),
  5. Verminderung der Induktionsspannung durch Stromabsenkung (Haltestrom).
7. Beschreiben Sie kurz zwei Möglichkeiten, den Laststrom von Leistungsschaltungen zu überwachen.
1. Strommessung über Meßwiderstand (Shunt),
  2. Temperaturüberwachung,
  3. Überwachung auf echten Kurzschluß (0 V) statt  $U_{CEsat}$  bzw. statt des Spannungsabfalls über  $R_{DSon}$ .
8. Ein Gerät arbeitet u. a. mit einer Steuerspannung von 48 V ~ (50 Hz). Die Elektronik soll erkennen, ob diese Spannung anliegt oder nicht. Demgemäß soll ein Logiksignal AC\_OK gebildet werden (das auch mit 50 Hz schaltet). Das naheliegende Bauelement: ein Optokoppler (Abb. 2). Geben Sie eine entsprechende Schaltung an und dimensionieren Sie ggf. erforderliche passive Bauelemente. Erklären Sie kurz, worauf es hier besonders ankommt.

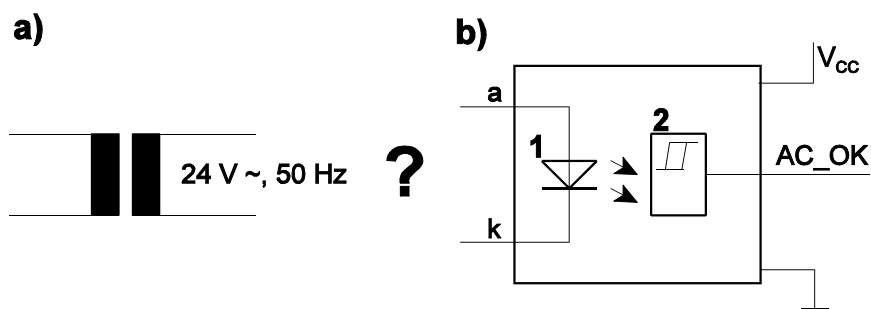


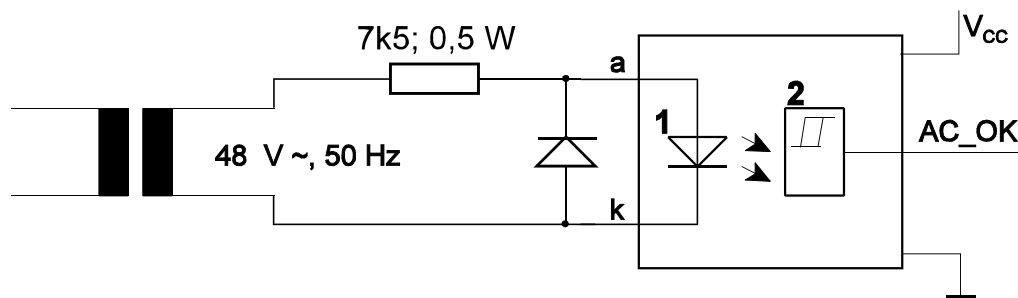
Abb. 2 Spannungskontrolle mittels Optokoppler

Erklärung zu Abb. 2:

a) die Quelle der zu überwachenden Steuerspannung; b) der einzusetzende Optokoppler. 1 - LED; 2 - Lichtempfänger mit Schmitt-Trigger. LED-Daten:  $U_F = 1,6 \text{ V}$ ;  $I_F = 6 \text{ mA}$ .

Die LED im Optokoppler hält die Sperrspannung nicht aus. Abhilfe: eine Si-Diode antiparallel schalten.

Widerstand =  $(48 - 1,6) \text{ V} : 6 \text{ mA} = 7,73 \text{ k}\Omega$ . Gewählt:  $7\text{k}5$ . Verlustleistung =  $I^2 R = 36 \cdot 10^{-6} \text{ A} \cdot 7,5 \cdot 10^3 \text{ V/A k} = 270 \text{ mW}$ . Gewählt:  $0,25 \text{ W}$  (Derating beachten); schlimmstenfalls  $0,5 \text{ W}$  (doppelte Sicherheit).



9. Wieviele Bits muß ein A-D-Wandler mindestens haben, wenn ein Störabstand (SNR) von 70 dB gefordert ist?

$$n = \frac{\text{SNR}[\text{dB}] - 1,76}{6,02}$$

$n = 11,33 \text{ Bits}$ . Gewählt: 12 Bits.

10. Ein Leistungs-FET hat eine Gateladung  $Q_G$  von 21 nC. Welcher Gatestrom ist erforderlich, um den FET in 500 ns einzuschalten?

$$I = \frac{Q_G}{t} = \frac{21 \text{ nC}}{0,5 \mu\text{s}} = 42 \text{ mA}$$

11. Wodurch wird die Spannung über einem eingeschalteten Leistungstransistor in erster Linie bestimmt?

- a) beim bipolaren Transistor  
b) bei FET

- a) durch die Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung  $U_{\text{CEsat}}$ ,  
b) durch den Drain-Source-Widerstand im Ein-Zustand  $R_{\text{DSon}}$  (Spannungabfall =  $R_{\text{DSon}} \cdot I_D$ ).

12. Abb. 3 zeigt einen Mikrocontroller mit nachgeschalteter 7-Segment-Anzeige. Das Schaltsymbol der Anzeige steht sowohl für ein LED- als auch für ein LCD-Bauelement.

- a) geben Sie den Anschluß einer 7-Segment-LED-Anzeige an. Welchen Anzeigegrundtyp (gemeinsame Anode oder Katode) wählen Sie? (Kurze Begründung). Dimensionieren Sie ggf. erforderliche passive Bauelemente.

- b) geben Sie den Anschluß einer 7-Segment-LCD-Anzeige an (kein Multiplexbetrieb). Wofür muß der Mikrocontroller sorgen? (Kurze Begründung.)

In beiden Fällen soll der Dezimalpunkt (dp) nicht benutzt werden.  $V_{CC} = +5\text{ V}$ . Zur LED:  $I_F = 15\text{ mA}$  (es sollen 15 mA fließen; Maximalwert: 20 mA);  $U_F = 2,3\text{ V}$ . Ausgangsspannung des Decoders bei Low: 0,2 V. Die LCD-Anzeige kommt mit den +5 V aus.

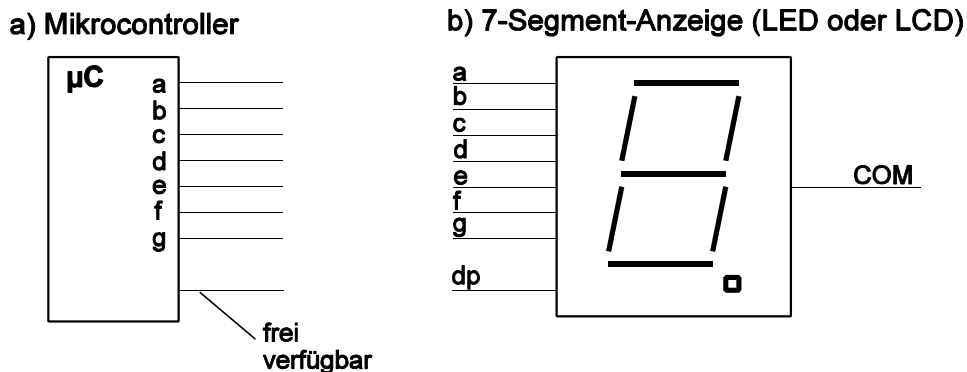
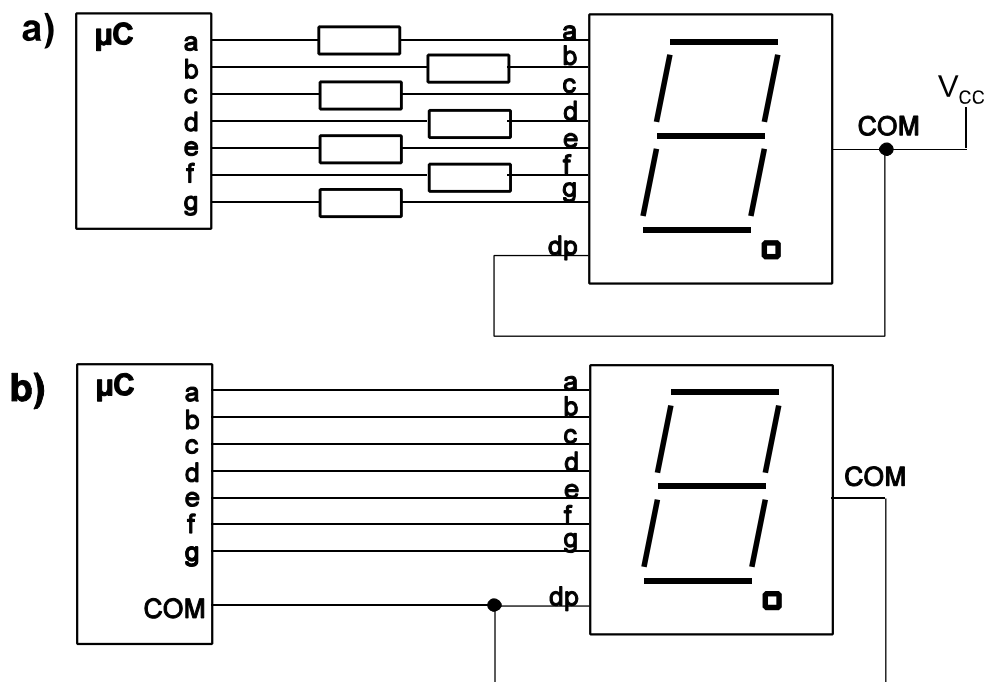


Abb. 3 Mikrocontroller mit Siebensegmentanzeige



- a) LEDs mit gemeinsamer Anode nehmen. Müssen vom Treiber nach Masse gezogen werden. Treibfähigkeit nach Masse typischerweise deutlich höher als nach  $V_{CC}$ . LEDs über Serienwiderstand anschließen.  $R = (5 - 2,3 - 0,2)\text{ V} : 15\text{ mA} = 166\ \Omega$ . Wahl: 160R. Verlustleistung;  $2,5\text{ V} \cdot 15\text{ mA} = 37,5\text{ mW}$ . 0,125 W genügen vollauf.
- b) LCD direkt anschließen. COM-Elektrode an weiteren Ausgang des Mikrocontrollers. Mikrocontroller muß Ansteuerung COM - SEG zyklisch umpolen (30...100/s), da sich sonst (bei Gleichspannung) die LCD-Substanz zersetzt (Elektrolyseeffekt).

13. Kann die in Abb. 4 gezeigte 16-Segment-LED-Anzeige mit 5 V Speisespannung sicher betrieben werden? (Kurze Begründung.) Wie hoch müßte die Speisespannung mindestens sein?

Datenblattwerte und Vorgaben:  $V_f = 2,1 \text{ V}$ ,  $I_f = 15 \text{ mA}$ , zuläss. Helligkeitstoleranz (= Stromtoleranz)  $\pm 5\%$ , Speisespannungstoleranz max.  $0,3 \text{ V}$ .

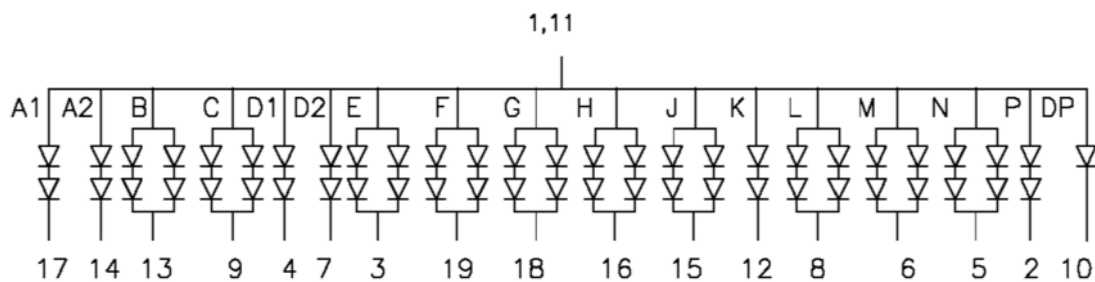


Abb. 4 Eine 16-Segment-Anzeige

Nein. Gesamt-Flußspannung  $U_f = 2,1 + 2,1 = 4,2 \text{ V}$ . Gesamttoleranz 10%, also  $k = 0,1$ .

$$U \geq \frac{\Delta U}{k} + U_f$$

$$U \geq \frac{0,3 \text{ V}}{0,1} + 4,2 \text{ V} = 7,2 \text{ V}$$

14. Welche Ausgangsspannungen ergeben sich (näherungsweise) an dem Comparator gemäß Abb. 5?

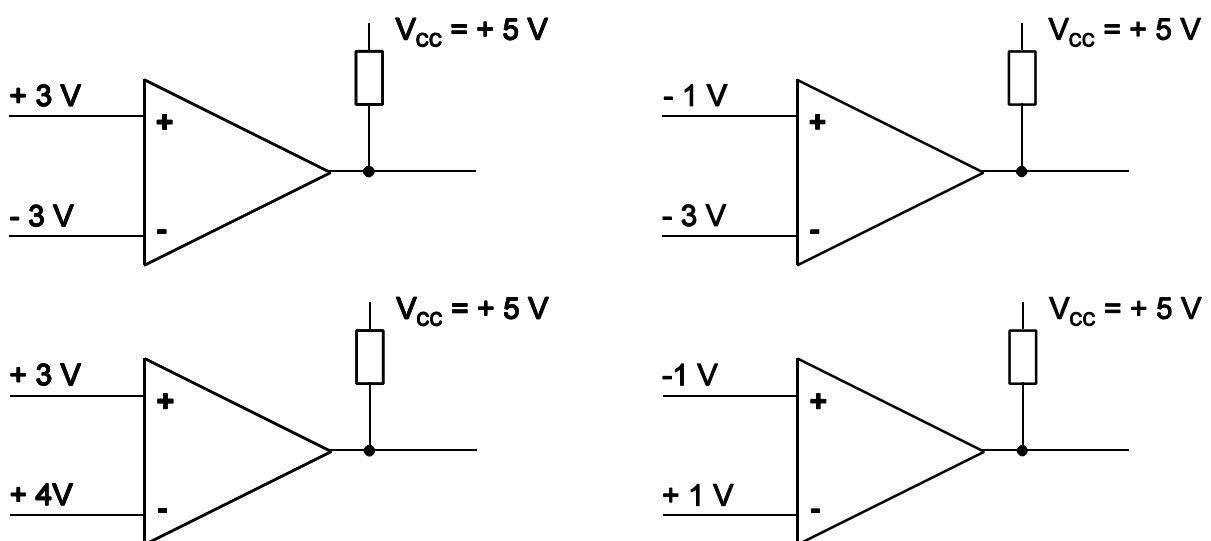
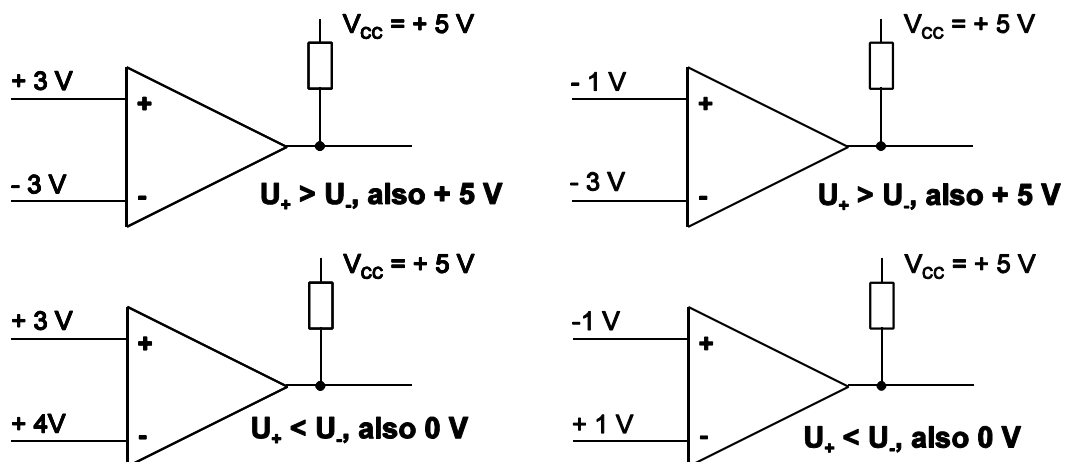


Abb. 5 Comparator mit verschiedenen Eingangsspannungen



15. Abb. 6 zeigt eine Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode. Dimensionieren Sie den Widerstand  $R_V$ .

Vorgaben:  $U_e = 15\text{ V} \pm 20\%$ ,  $U_a = U_z = 7,5\text{ V}$ ,  $I_{Z\max} = 200\text{ mA}$ ,  $I_a = 20\text{ mA}$  (konstanter Laststrom;  $R_L$  wird nie entfernt oder verändert).

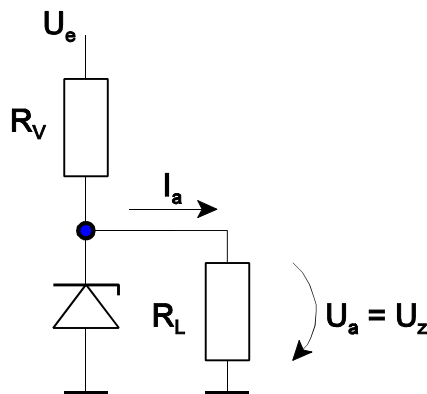


Abb. 6 Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode

Extremwerte der Eingangsspannung  $U_{e\min} = 12\text{ V}$ ,  $U_{e\max} = 18\text{ V}$ .

Mindestwert des Zenerstroms  $I_{Z\min} = 0,1$ ,  $I_{Z\max} = 20\text{ mA}$ .

Bei minimaler Eingangsspannung müssen mindestens  $20\text{ mA}$  durch die Zenerdiode fließen und  $20\text{ mA}$  durch die Last, also insgesamt  $40\text{ mA}$ . Spannungsabfall über  $R_V$ :  $U_{e\min} - U_z = 4,5\text{ V}$ .

Also  $R_{V\max} = 4,5\text{ V} : 40\text{ mA} = 112,5\ \Omega$ .

Bei maximaler Eingangsspannung dürfen höchstens  $200\text{ mA}$  durch die Zenerdiode fließen. Durch die Last fließen weitere  $20\text{ mA}$ , also insgesamt  $220\text{ mA}$ . Spannungsabfall über  $R_V$ :  $U_{e\max} - U_z = 10,5\text{ V}$ .

Also  $R_{V\min} = 10,5\text{ V} : 220\text{ mA} = 47,7\ \Omega$ .

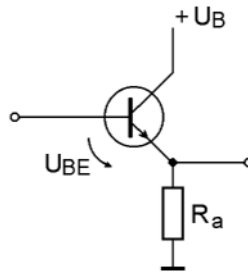
Wir wählen einen Wert in der Mitte, z. B.  $82\text{ R}$ .

Verlustleistung:

$$P_V = I_{e \max}^2 R_V = \left( I_{a \max} + \frac{U_{e \max} - U_Z}{R_V} \right)^2 R_V \approx I_{a \max}^2 R_V + \frac{(U_{e \max} - U_Z)^2}{R_V}$$

Wir rechnen mit der Näherungsformel (Laststromanteil + Zenerstromanteil): 0,033 W + 1,345 W = 1,3775 W. Wahl: 1,5 W (Derating beachten); schlimmstenfalls 3 W (doppelte Sicherheit).

16. Skizzieren Sie einen Transistor in Kollektorschaltung. Weshalb ist in dieser Schaltung die Speicherzeit besonders gering?



Diese Schaltung kann nicht übersteuert werden (sofern Basisspannung im Bereich der Betriebsspannung, also  $U_{BE} \leq U_B$ ); die Emitterspannung ist um den Betrag der Basis-Emitter-Sättigungsspannung  $U_{BEsat}$  (etwa 0,6...0,7 V) geringer als die Basisspannung.

17. Abb. 7 zeigt das Bode-Diagramm eines Operationsverstärkers. Kann dieser Verstärker als 1:1-Puffer (Impedanzwandler) betrieben werden? Erläutern Sie kurz (anhand des Diagramms), wie Sie zu Ihrer Aussage gekommen sind.

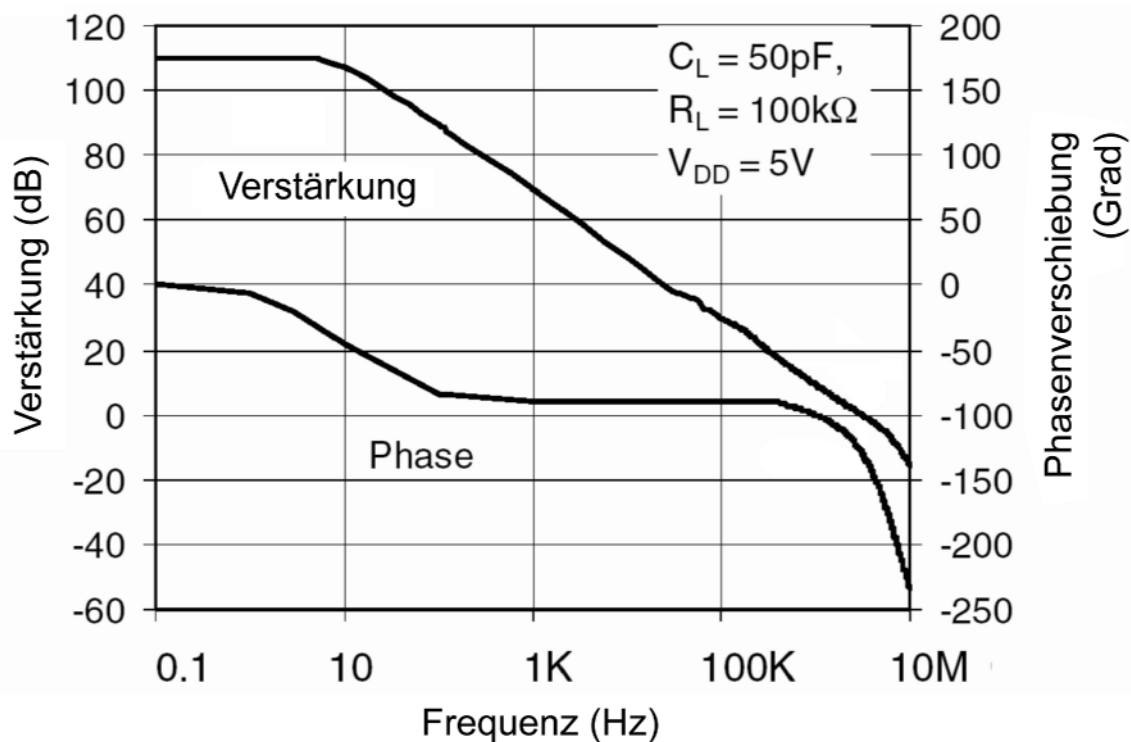
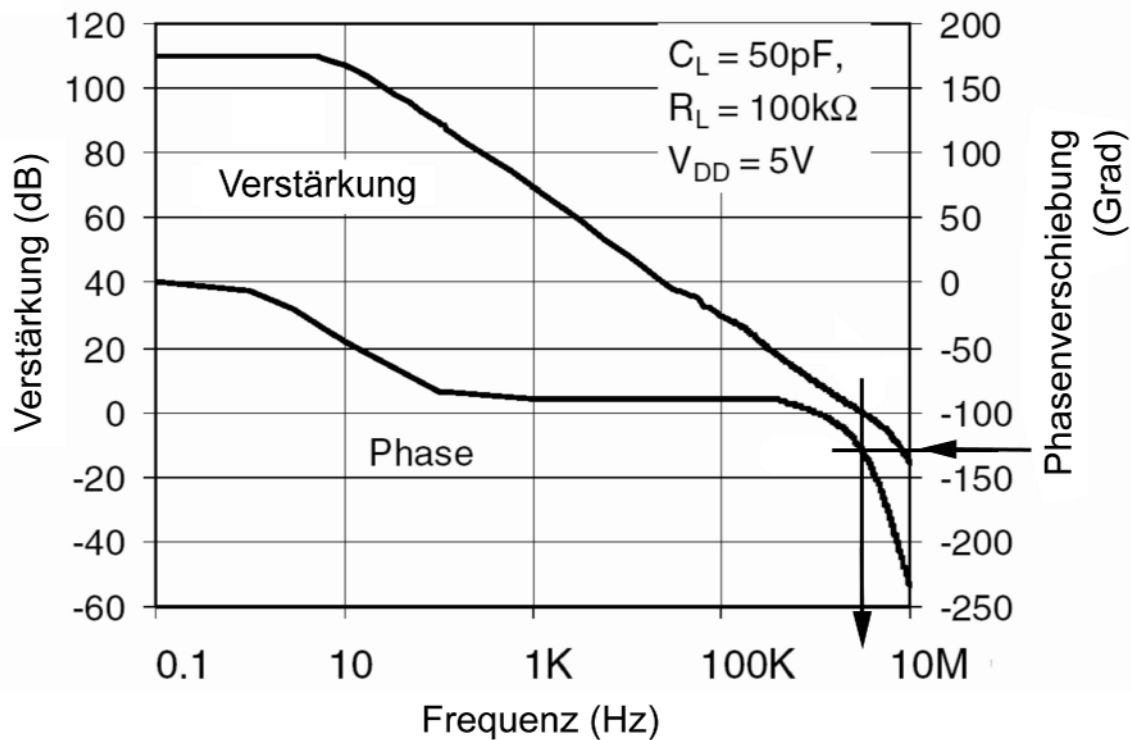
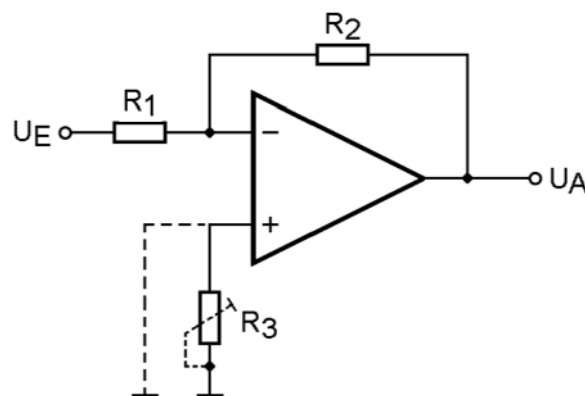


Abb. 7 Das Bode-Diagramm eines Operationsverstärkers



Bei Verstärkung 0 dB senkrecht nach unten bis zum Schnittpunkt mit der Kurve des Phasengangs gehen. Dann vom Schnittpunkt aus nach rechts. Phasenverschiebung ablesen. Ist hier etwa  $-125\dots-130^\circ$ . Ergibt etwa  $50\dots55^\circ$  Phasenreserve. Ausreichend. Verstärker stabil (unity gain stable). Also: JA.

18. Geben Sie die Schaltung eines invertierenden Verstärkers auf Grundlage eines Operationsverstärkers an.



19. Ist ein stromgegekoppelter Operationsverstärker als 1:1-Puffer (Impedanzwandler) zu gebrauchen? (Kurze Begründung.)

Nein. Der Gegenkopplungswiderstand darf nicht Null sein. Die Größenordnung wird typischerweise vom Hersteller vorgegeben (einige hundert  $\Omega$ ....einige  $\text{k}\Omega$ ). Der zulässige Wertebereich steht im Datenblatt.



20. Es ist die Hintergrundbeleuchtung einer Bedientafel zu entwerfen. Wir verwenden 10 weiße LEDs ( $V_f = 3,6\text{ V}$ ). Sie sollen möglichst die gleiche Helligkeit haben. Geben Sie eine grundsätzliche Schaltungslösung an. Versuchen Sie dabei, mit möglichst wenigen Widerständen auszukommen.

Prinzip: alle LEDs in Reihe, ggf. 1 Serienwiderstand. Speisung über Spannungswandler.

