

Aufgabenblätter inkl. Deckblatt	8	Anzahl Lösungsblätter	_____
------------------------------------	---	--------------------------	-------



**DHBW Mannheim, Außenstelle Eppelheim**  
**Angewandte Elektronik 2**  
**MA-TMT15AM2, EL2, Bayer**

Rev. 1.1.0

**Klausur 2017/06**

**Dozent** Rainer Bayer, Dipl.-Ing. FH Elektronik **Datum** 21.06.2017

**Matrikelnummer** auf jedem Blatt (Aufgaben und Lösungen) in der Kopfzeile eintragen \_\_\_\_\_

**Studienjahrgang** MA-TMT15AM **Gruppe** \_\_\_\_\_ **2 Semester** \_\_\_\_\_

**Hilfsmittel** Taschenrechner **Zeit** 75 min

**Bewertung** Punktzahl 100% \_\_\_\_\_ Erreichte Punktzahl \_\_\_\_\_

Datum, Signum \_\_\_\_\_ Ergebnis \_\_\_\_\_

Aufg.	Thema	Blatt	a)	b)	c)	d)	e)	f)	Σ
1	OpAmp: unbeschaltet	2	2	3	3	3	5		16
2	OpAmp: Verstärker – Frequenzgang	3	4	4	4				12
3	OpAmp: ulu-Verstärker	4	6	6	4	2			18
4	OpAmp: Schaltungsanalyse	5–6	2	4	4	4	2	2	18
5	FET: Kleinsignal-Verstärker	7–8	1	2	3	6	4	4	20
Anmerkungen									84

**1 OpAmp: unbeschaltet**

/ 16

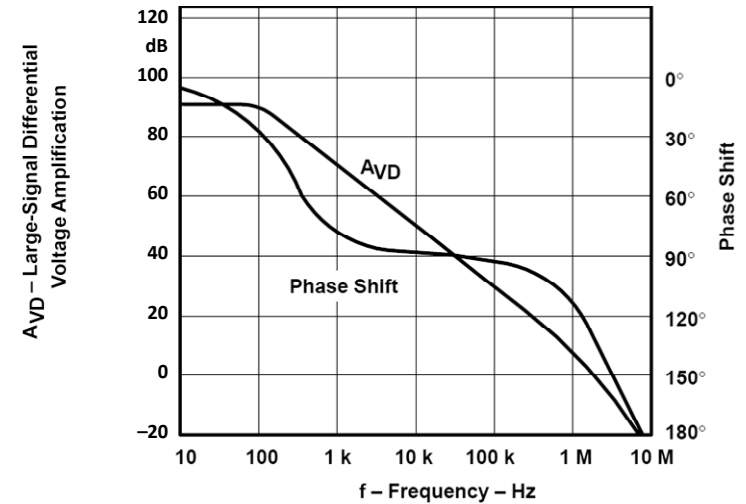


Abb. 1: OpAmp, Amplituden- und Phasengang

Tragen Sie Hilfslinien zum Auslesen der Zahlenwerte in Abb. 1 ein!

- a) Beschriften Sie die y-Achse zusätzlich mit den entlogarithmierten Zahlenverhältnissen. / 2
- b) Geben Sie die Leerlaufverstärkung  $A_{vd0} = A(0)$  des OpAmps als Zahl und in dB an. / 3
- c) Geben Sie die erste Grenzfrequenz  $f_{g0}$  des OpAmps an. / 3
- d) Geben Sie die Transitfrequenz  $f_T$  des OpAmps an. / 3
- e) Ist der OpAmp **in der Praxis** (bei rein-reeller Gegenkopplung) Unity-Gain-stable? Begründen Sie Ihre Antwort, indem Sie die Phasenreserve  $\phi_M$  angeben und bewerten. / 5

2 OpAmp: Verstärker – Frequenzgang

/ 12

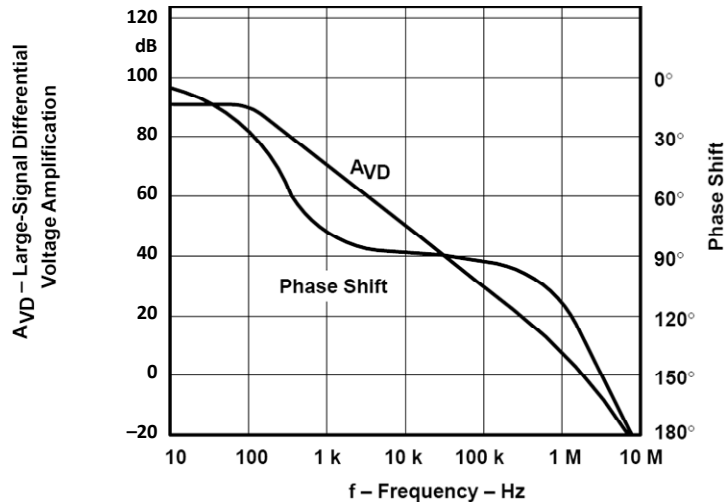


Abb. 2.1: OpAmp, Amplituden- und Phasengang

Tragen Sie Hilfslinien zum Auslesen der Zahlenwerte in Abb. 2.1 ein!

Mit dem OpAmp aus Aufg. 1 wird eine Verstärkerschaltung für harmonische Siganle aufgebaut, die dem Regelkreismodell nach Abb. 2.2 genügt;  $k$  ist rein-reell;  $U_2 = U_a$ .

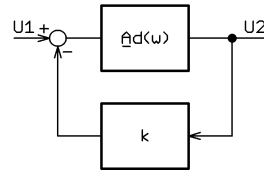


Abb. 2.2: Regelkreismodell

- a) Zeichnen Sie in Abb. 2.1 den Amplitudengang der Verstärkerschaltung als Näherungsfunktion ein, wenn die obere Grenzfrequenz  $f_g^* = 100$  kHz betragen soll. / 4
- b) Ermitteln Sie  $v_{u,prog}$  der Schaltung in dB **grafisch** aus Abb. 2.1. **Berechnen** Sie daraus das entlogarithmierte Zahlenverhältnis. / 4
- c) Die Schaltung arbeitet mit der Signalbandbreite  $B_{3dB} = [100 \text{ Hz}; 10 \text{ kHz}]$ . OpAmp:  $r_1^* = 500 \text{ k}\Omega$ ,  $r_o^* = 100 \Omega$ . Ermitteln Sie die worst-case-Werte  $Z_1$ ;  $Z_2$  der Verstärkerschaltung innerhalb  $B_{3dB}$ . / 4

3 OpAmp: u/u-Verstärker

/ 18

Gesucht ist die Schaltung eines **invertierenden u/u-Verstärkers** für harmonische Signale mit folgenden Eigenschaften:

- idealer OpAmp, sofern nicht anders angegeben;
- duale Stromversorgung;
- kapazitive Kopplung von Ein- und Ausgang;
- Eingangsimpedanz  $Z_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ;
- $v_{u,prog}(\text{dB}) = 12 \text{ dB}$  (nominal);
- Bandbreite  $B_{3dB} = [20 \text{ Hz}; 20 \text{ kHz}]$ ;
- alle  $R$  aus der IEC-Reihe E24;
- $R_f = 10 \text{ k}\Omega$ ;
- Ruhestromkompensation.

- a) Skizzieren Sie die Schaltung als Vierpol in Betriebsumgebung (speisende reale Spannungsquelle  $U_0$ ; Last RL). Benennen Sie alle Bauteile und pfeilen Sie  $\underline{U}_1$ ;  $\underline{U}_2$ . / 6
- b) Berechnen Sie die unbekanntenen Widerstandswerte  $R$ . / 6
- c) Der Verstärker wird mit einem harmonischen Testsignal angesteuert:  $\hat{U}_0 = 1 \text{ V}$ ;  $R_l = 600 \Omega$ ;  $f = 1 \text{ kHz}$ . Berechnen Sie  $\hat{U}_2$  ( $v_{u,prog}$  nominal). / 4
- d) OpAmp:  $U_{amax} = [-12 \text{ V}; +12,2 \text{ V}]$ . Berechnen Sie  $U_{1eff,max}$  eines harmonischen Signals für unverzerrte Übertragung ( $v_{u,prog}$  nominal). / 2

IEC-Reihe E24: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,7; 3; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1

Abb.3: Invertierender u/u-Verstärker als Vierpol in Betriebsumgebung

4 OpAmp: Schaltungsanalyse

/ 18

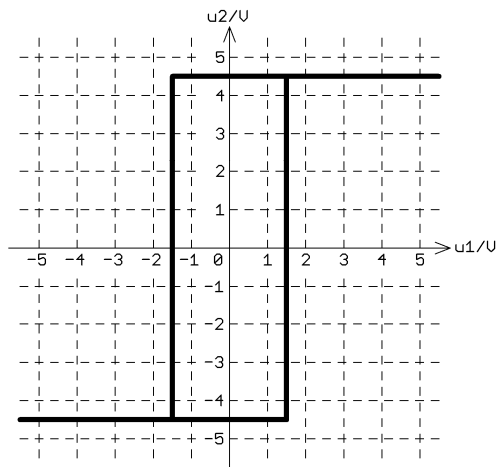


Abb. 4.1: Übertragungsfunktion

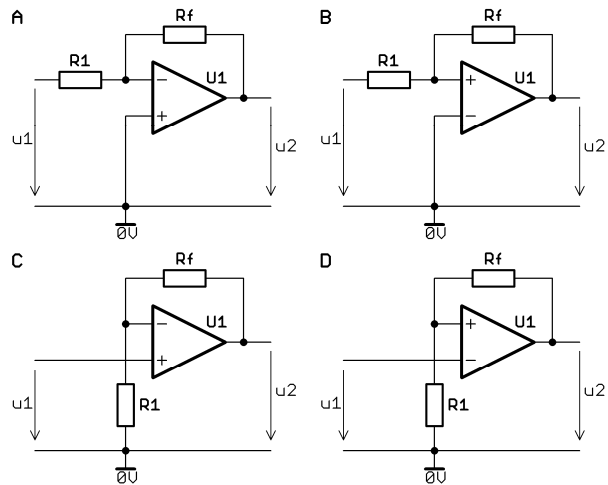


Abb. 4.2: OpAmp-Schaltungen

– Aufgaben auf dem nächsten Blatt –

4 OpAmp: Schaltungsanalyse (fortgesetzt)

- a) Wie nennt man eine Schaltung mit der Übertragungskennlinie lt. Abb. 4.1 (2 Begriffe)? / 2
- b) Kreuzen Sie die zugehörige OpAmp-Schaltung in Abb. 4.2 an und begründen Sie Ihre Wahl unter **schaltungstechnischen** Gesichtspunkten. / 4
- c) Kennzeichnen Sie in Abb. 4.1 die Größen  $U_{2max+}$ ;  $U_{2max-}$ ;  $U_{TH+}$ ;  $U_{TH-}$  und  $U_{Hys}$  und geben Sie die Zahlenwerte an. / 4
- d)  $R1 = 10\text{ k}\Omega$ . Berechnen Sie den Wert von  $Rf$ ; eine analytische Formel ist **nicht** gefordert. Skizze! / 4
- e)  $u_1$  ändert sich von  $-1\text{ V}$  auf  $+1\text{ V}$ . Welche Aussage können Sie über  $u_2$  treffen? / 2
- f) In der Realität ändert sich  $u_2$  nicht schlagartig, sondern in Form einer Rampe mit endlicher Steilheit. Wie lauten dafür der Fachbegriff (englisch und deutsch), das Formelzeichen und die in der Praxis verwendete Einheit? / 2

5 FET: Kleinsignal-Verstärker

/ 20

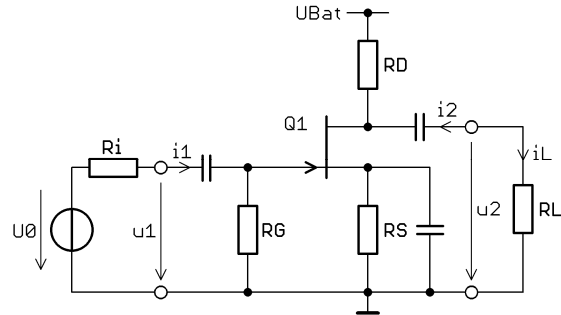


Abb. 5.1: Schaltung

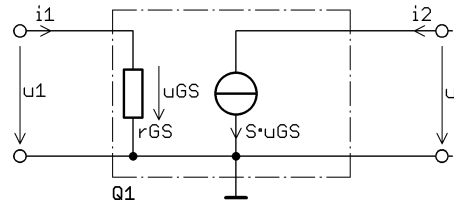


Abb. 5.2: Kleinsignal-Ersatzschaltbild in Betriebsumgebung (zu vervollständigen)

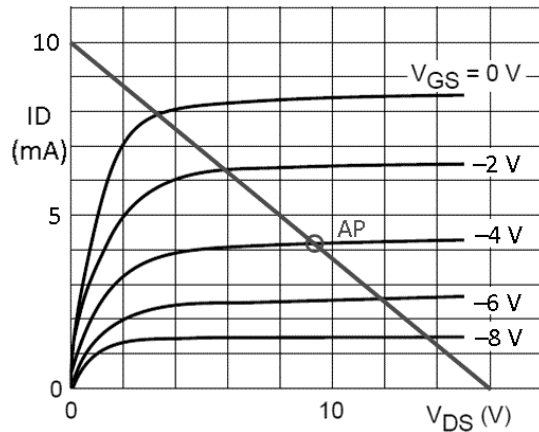


Abb. 5.3: Ausgangskennlinienfeld mit Arbeitsgerade und Arbeitspunkt

– weiter auf dem nächsten Blatt –

5 FET: Kleinsignal-Verstärker (fortgesetzt)

Symbol	Parameter	min	typ	max	Unit
$I_{GSS}$	gate cut-off current	./.	./.	-8	nA
$ y_f $	forward transfer admittance	5	6.5	8	mS
$ y_{OS} $	output admittance	./.	18	./.	$\mu$ S

Tab. 5.1: Datenblattauszug

- Geben Sie die vollständige Bezeichnung von Q1 an. / 1
- Bestimmen Sie den maximalen Wert von  $R_G$  ( $R_{Gmax}$ ). / 2
- Ermitteln Sie die Zahlenwerte der Größen des Arbeitspunkts. Hilfslinien! / 3
- Ermitteln Sie die Zahlenwerte der Widerstände  $R_S$  und  $R_D$  (mit Rechengang). / 6
- Vervollständigen Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild in Abb. 5.2 und betten Sie es in die Betriebsumgebung ein. Pfeilen Sie den Drainstrom  $i_D$  von Q1. / 4
- Ermitteln Sie die typische Betriebsverstärkung  $\underline{F}(j\omega) = \underline{u}_2$  für  $R_L = 47 \text{ k}\Omega$  mithilfe Abb. 5.2 nach Betrag (als Zahl und in dB) und Phase (in  $^\circ$  und rad). / 4