

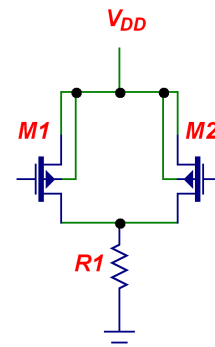


## Aufgaben Elektronik III

Fachbereich Elektrotechnik  
und Informatik  
Elektroniklabor  
Prof. Dr. Martin Poppe  
Stand Januar 2012

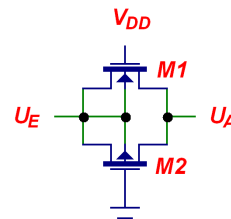
1. Ein Anreicherungs-MOSFET wird durch  $I_D = \frac{1 \text{ mA}}{V^2} \cdot \{(U_{GS} - 0,5 \text{ V}) U_{DS} - \frac{1}{2} U_{DS}^2\}$  im Anlauf beschrieben ( $\lambda = 0$ ). a) Bitte finden Sie heraus, ob es sich um einen PMOS oder NMOS Transistor handelt und wie groß seine Schwellspannung ist. b) Bitte skizzieren Sie für  $U_S = 0$  und  $U_G = 1 \text{ V}$  die Kennlinie  $I_D(U_{DS})$  im Bereich  $0 < U_D < 3 \text{ V}$ . c) Wie groß ist der Kleinsignal-Ausgangswiderstand bei  $U_D = 0 \text{ V}$ ?

2. Die Sourcen zweier PMOS Transistoren sind parallel an  $V_{DD}$  angeschlossen, die beiden Drainanschlüsse sind zusammen an einen Widerstand geschlossen. Die andere Seite des  $10 \text{ k}\Omega$  Widerstandes ist mit der Masse verbunden. Für die Transistoren gilt jeweils:  $U_{TH} = -0,4 \text{ V}$ ,  $\beta = 0,2 \text{ mA/V}^2$ ,  $V_{DD} = 2,4 \text{ V}$ , ( $\lambda = 0$ ).

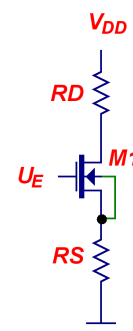


- a) Bitte bestimmen Sie das Drainpotenzial für  $U_G = 2,4 \text{ V}$  und  $U_G = 0 \text{ V}$ . b) Bitte interpretieren Sie danach diese Schaltung als Verstärker: die beiden Gates sind gemeinsam der Eingang, das Drainpotenzial der Ausgang. Bei welcher Eingangsspannung sind Ein- und Ausgangsspannung gleich groß und wie groß ist die Spannungsverstärkung an dieser Stelle? c) Bitte interpretieren Sie die Schaltung zum Schluss als Digitalschaltung mit den beiden Gates als den beiden Eingängen und dem gemeinsamen Drainpotenzial als Ausgang. Welche logische Operation führt die Schaltung aus, wenn hohe Potentiale als logische 1, und kleine Potentiale als logische 0 interpretiert werden?

3. Bitte betrachten Sie die folgende als elektronischer Schalter verwendete Schaltung mit  $U_{TH,P} = -0,6 \text{ V}$ ,  $U_{TH,N} = 0,6 \text{ V}$ ,  $\beta_P = \beta_N = 1 \text{ mA/V}^2$ ,  $V_{DD} = 2,3 \text{ V}$ . a) In welchem Bereich von  $U_E$  leitet welcher der Transistoren? b) Bitte berechnen und skizzieren Sie den Leitwert  $I_D(U_E - U_A)$  als Funktion der Eingangsspannung  $U_E$ . Beschränken Sie sich der Einfachheit halber auf den Fall, dass der Unterschied zwischen Ein- und Ausgangsspannung sehr klein ist (Weglassen quadratischer Terme von  $(U_E - U_A)$ ). c) Welchem einfachen Bauteil entspricht die Schaltung bei mittleren Eingangsspannungen?



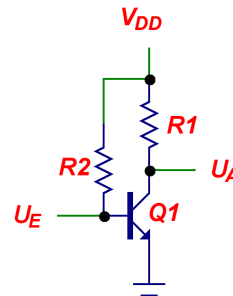
4. Gegeben sei die folgende Schaltung mit  $\beta_N = 0,1 \text{ mA/V}^2$ ,  $V_{DD} = 3 \text{ V}$ ,  $U_{TH} = 0,5 \text{ V}$ ,  $R_S = 10 \text{ k}\Omega$  und  $R_D = 1 \text{ k}\Omega$ . a) Bitte bestimmen Sie die Source- und Drainpotenziale für  $U_E = 1,5 \text{ V}$ ! b) Mit welchem Wert für den Drainwiderstand würde man bei ansonsten unveränderter Schaltung eine Drainspannung von 2 Volt erhalten? c) Ab welchem Wert für den Drainwiderstand würde der Transistor bei  $U_E = 1,5 \text{ V}$  den Sättigungsbetrieb verlassen und in den Anlauf übergehen?



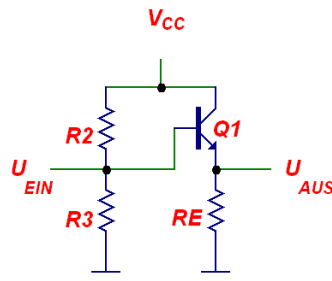
5. In einem Netzwerk stehen drei Anschlüsse zur Verfügung: Masse ( $0 \text{ V}$ ),  $V_+ = 2,7 \text{ V}$ ,  $V_- = -2,7 \text{ V}$ . Die Quellen für  $V_+$  und  $V_-$  haben Innenwiderstände von  $1 \text{ k}\Omega$ . Die Innenwiderstände des Transistors sind vernachlässigbar klein, seine leitenden Dioden können als Konstantspannungsquellen von  $0,7 \text{ V}$  angesehen werden. a) Wie muss ein NPN Bipolartransistor an diese drei Anschlüsse jeweils geklemmt werden, damit die Operationsmoden Vorwärtsbetrieb, Sättigung, Sperrung und Rückwärtsbetrieb realisiert werden? b) Wann ist der Kollektorstrom genau  $I_C = 2 \text{ mA}$ , wann der Basisstrom  $I_B = 2 \text{ mA}$ , und wann der Emitterstrom  $I_E = 2 \text{ mA}$ ? c) Wie groß ist bei dem für den Vorwärtsbetrieb angeschlossenen Transistor der Kollektorstrom,

wenn seine Vorwärtsstromverstärkung nur genau gleich 1 ist? d) Wie groß ist bei dem für den Vorwärtsbetrieb angeschlossenen Transistor der Kollektorstrom, wenn seine Vorwärtsstromverstärkung sehr groß (Grenzfall unendlich) wird?

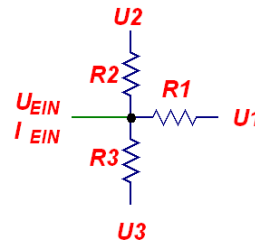
6. Bei einem Bipolartransistor beträgt  $U_{CB}=3,2V$  Die Basis-Emitter Spannung wird von  $0,67\text{ Volt}$  auf  $0,68\text{ Volt}$  erhöht. Durch diese Erhöhung steigt der Basisstrom um  $31,5\%$  an. Wenn Sie für die beiden PN- Übergänge ideale Diodenkennlinien annehmen, lassen sich die folgenden Fragen erstaunlicherweise beantworten: a) Welche Temperatur hat der Transistor? b) Um welchen Faktor steigt der Kollektorstrom an? c) Welchen Basis-Kleinsignal-Eingangswiderstand  $r_{BE}$  hat der Transistor bei einem Basisstrom von  $36,5\text{ mA}$  aufgrund seiner PN-Übergangseigenschaften ?
7. In einem Datenblatt für den NPN Transistor „CA 3046“ der Firma Intersil finden sich die folgenden Angaben:  $h_{FE}=110$  ,  $h_{iE}=3,5\text{ k}\Omega$  ,  $h_{rE}=1,8\cdot 10^{-4}$  und  $h_{oE}=15,6\mu\text{ S}$  ; alle Werte bei  $I_C=1\text{ mA}$  . a) Bitte schließen Sie aus den Einheiten und Größenordnungen, welche der Werte welchen Elementen der h-Parameter Matrix entsprechen. b) Wie groß ist die Kleinsignal-Stromverstärkung? c) Wie groß ist die Early-Spannung?
8. Der letzten Feier im Büro fiel leider ein großer Teil der Elektronik-Handbücher zum Opfer. Von einem häufig benutzten Transistor lässt sich nur noch herausfinden, dass seine Verstärkung  $B = \beta =120$  beträgt und er eine Early-Spannung von  $40\text{ Volt}$  hat. Sie gehen davon aus, dass sich die Transistor- PN Übergänge wie Dioden verhalten. Bitte rekonstruieren Sie die h-Parameter Matrix für Kollektorströme von ca.  $10\text{ mA}$  bevor der Entwicklungsleiter Wind von Ihren Feiern bekommt.
9. Ein NPN-Transistor mit der Stromverstärkung  $B = \beta =150$  und einer sehr großen Earlyspannung soll in Emitterschaltung zur Verstärkung kleiner, periodischer Eingangssignale benutzt werden. Sowohl seine Basis, als auch sein Kollektor sind jeweils über einen Widerstand an ein  $V_{DD}=42\text{ V}$  Bordnetz geschlossen. Sie gehen davon aus, dass sich die Transistor- PN Übergänge wie Dioden verhalten. Bestimmen Sie bitte die Spannungsverstärkung  $v_U$  als Funktion der Kollektorspannung  $U_C(A.P.)$  des Arbeitspunktes. a) Welche Werte kann  $v_U$  annehmen? b) Dimensionieren Sie die beiden Widerstände so, dass der Eingangswiderstand der Schaltung  $500\Omega$  beträgt und dass der mögliche Spannungshub am Ausgang maximal wird. c) Bestimmen Sie die Verlustleistung der gesamten Schaltung mit Hilfe der soeben bestimmten Widerstandswerte.



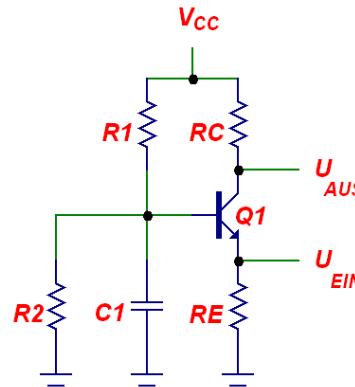
10. Ein NPN-Transistor mit dem h-Parameter  $h_{21}=120$   $h_{11} = 120$  soll in einem  $V_{CC}=5\text{ V}$  System in Kollektorschaltung zur Impedanzwandlung kleiner, periodischer Eingangssignale benutzt werden. Sowohl das Eingangs- als auch das Ausgangssignal werden kapazitiv angebunden. Der zwischen Emitter und Masse geschlossene Ausgangswiderstand beträgt  $R_E=100\Omega$  . a) Zeigen Sie, dass der Transistor niemals in Sättigung gehen kann. b) Welches Widerstandsverhältnis  $R_2/R_3$  darf nicht überschritten werden, damit der Transistor nicht sperrt? (für  $U_{BE}=0,6\text{ V}$  ) c) Welches Widerstandsverhältnis  $R_2/R_3$  muss unter Vernachlässigung des Basisstromes für den maximalen Spannungshub gewählt werden?



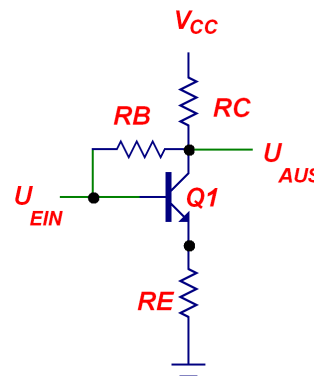
11. Ein Schaltungseingang ist über die drei Widerstände  $R_1, R_2$  &  $R_3$  an die drei festen Potentiale  $U_1, U_2$  &  $U_3$  angeschlossen. Der Strom in den Schaltungseingang sei  $I_{EIN}$  Potential  $U_{EIN}$ . a) Bitte berechnen Sie den Kleinsignal-Eingangswiderstand  $r_{EIN} = dU_{EIN} / dI_{EIN}$ . b) Wie vereinfacht sich das Ergebnis, wenn  $U_1 \gg U_2 \gg U_3$  ist? c) Wie vereinfacht sich das Ergebnis, wenn  $R_1 \gg R_2 \gg R_3$  ist?



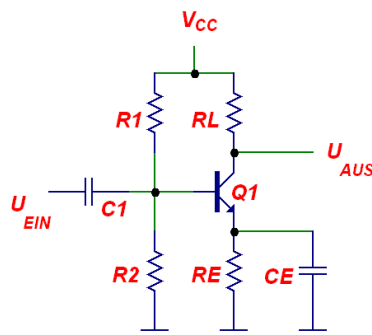
12. Eine Basisschaltung mit  $V_{CC} = 5V$ ,  $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ ,  $C = 1\mu F$ ,  $B = \beta = 120$  und  $R_E = R_C = 100\Omega$  wird über einen  $C_E = 3\mu F$  Kondensator an eine Stromquelle  $i(t) = 123\mu A \cdot \sin(628MHz \cdot t)$  angeschlossen. Der niederohmige Ausgang ist ebenfalls über einen  $C_C = 3\mu F$  Kondensator angeschlossen. a) Bitte skizzieren Sie den Strom als Funktion der Zeit am Schaltungsein- und Ausgang. (Hinweis: Sie brauchen kaum rechnen, nur überlegen, was passiert und was wichtig ist). b) Bitte bestimmen Sie die Spannungsverstärkung für  $r_{BE} = 180\Omega$  und das Basispotenzial!



13. Gegeben sei die nebenstehende Schaltung mit  $V_{CC} = 12V$ ,  $B = \beta = 100$ ,  $R_B = 40k\Omega$ ,  $U_{BE} = 0,7V$ ,  $R_C = 900\Omega$  und  $R_E = 230\Omega$ . a) Bestimmen Sie bitte die Arbeitspunkt-Potentiale und die statische Verlustleistung der Gesamtschaltung (ohne Verbraucher am Ausgang)! b) Wie groß ist die Verstärkung  $V_U$  im lastfreien Fall?



14. Der Arbeitspunkt des Transistors in der folgenden Schaltung soll für  $V_{CC} = 10V$ ,  $B = h_{21} = \beta = 160$ ,  $C_1 = 10\mu F$  und  $U_{BE} = 0,6V$  eingestellt werden auf  $I_B = 25\mu A$  bei  $U_{BE} = 0,6V$ . An  $R_E$  soll eine Spannung von  $U_E = 1V$  abfallen, die Spannung am Kollektorwiderstand soll  $U_{CE} = 5V$  betragen. Der Kondensator  $C_E$  kann als sehr groß angesehen werden. a) Wie groß ist  $R_L$  zu wählen? b) Wie groß ist  $R_2$ , wenn er von einem Strom  $I(R_2) = 4 \cdot I_B$  durchflossen wird? c) Wie groß ist  $R_1$ ? d) Wie groß ist  $v_U$  bei mittleren Frequenzen, wenn  $h_{11} = 2k\Omega$  beträgt? e) Wie groß ist der Wechselstrom - Eingangswiderstand  $r_E$  der Schaltung? f) Wie groß ist die untere Grenzfrequenz  $f_{g,u}$  für  $C_1 = 10\mu F$ ?

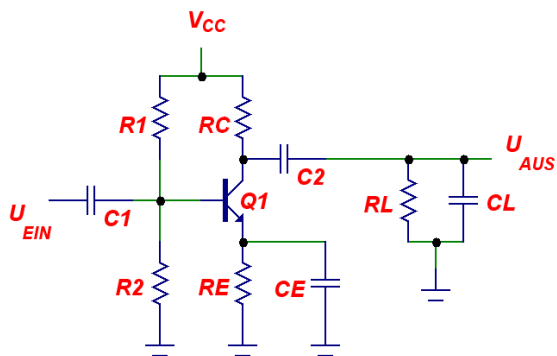


15. Für die folgende Verstärkerschaltung gelten:

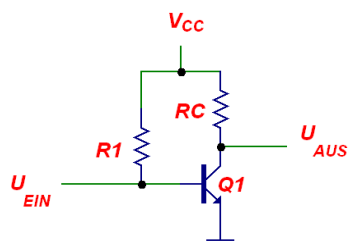
$$V_{CC}=10\text{ V}, \quad U_{BE}=0,6\text{ V}, \\ h_{11}=3\text{ k}\Omega, \quad B=h_{21}=100, \\ R_L=R_C=2\text{ k}\Omega.$$

Der Kondensator CE kann als sehr groß angenommen werden.

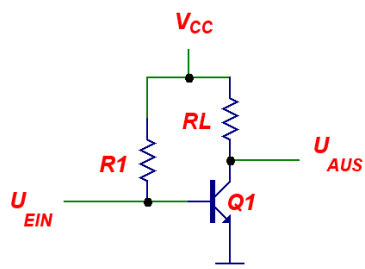
- a) Wie groß ist  $I_C$ , wenn am Kollektor eine Spannung von  $U_C=5\text{ V}$  gegen Masse gemessen wird? b) Wie groß ist  $R_E$ , wenn daran ein Spannungsabfall von  $U(R_E)=1\text{ V}$  auftritt? c) Dimensionieren Sie den Eingangsspannungsteiler für  $I(R_2)=4 \cdot I_B$ . d) Wie groß ist der Eingangswiderstand  $r_E$  bei mittleren Frequenzen? e) Berechnen Sie allgemein die Spannungsverstärkung  $\underline{v}_U$  der Schaltung. - Wie groß ist  $\underline{v}_{U,m}$  bei Frequenzen, bei denen die Lastkapazität keine Rolle spielt? f) Berechnen Sie die untere und die obere Grenzfrequenz der Schaltung für  $C_1=1\mu\text{ F}$  und  $C_L=1\text{ nF}$ .



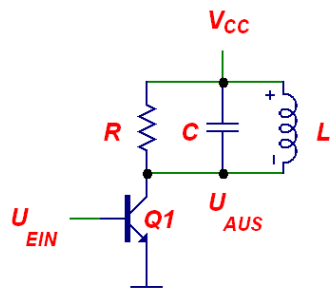
16. Dimensionieren Sie einen einstufigen Transistorverstärker in Emitterschaltung für eine Spannungsverstärkung  $\underline{v}_U=-80$ . Der Arbeitspunkt  $U_{BE}=0,6\text{ V}$ ,  $I_B=50\mu\text{ A}$  bei einer Versorgungsspannung  $V_{CC}=12\text{ V}$  soll durch einen Basisvorwiderstand  $R_1$  eingestellt werden. Der Transistor hat  $h_{11}=1,5\text{ k}\Omega$  und  $h_{21}=B=150$ . Berechnen Sie bitte:  $R_1, I_C, U_{CE}$  &  $R_L=R_C$ .



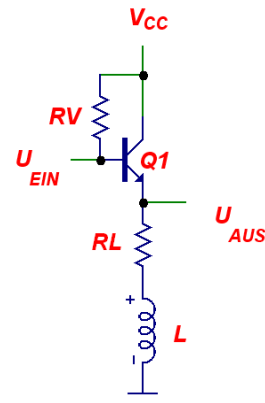
17. Für einen Transistor in Emitterschaltung gelten im Arbeitspunkt die  $h$ -Parameter  $h_{11}=2,5\text{ k}\Omega$  und  $h_{21}=B=150$ . a) Wie groß ist die Spannungsverstärkung  $\underline{v}_U$  der Schaltung in dB? - Der Lastwiderstand beträgt  $R_L=4\text{ k}\Omega$ , der Basisvorwiderstand  $R_1=1\text{ M}\Omega$ . b) Welche obere Grenzfrequenz hat die Schaltung, wenn zu  $R_L$  ein Kondensator  $C_L=100\text{ pF}$  parallel geschaltet wird? c) Welche untere Grenzfrequenz hat die Schaltung, wenn am Eingang ein Koppelkondensator  $C_K=1\mu\text{ F}$  eingebaut wird?



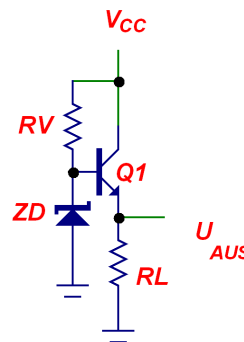
18. Die Eingangsspannung des folgenden Verstärkers soll bei der Resonanzfrequenz des Schwingkreises mit  $\underline{v}_U=-160$  verstärkt werden.  $h_{11}=1\text{ k}\Omega$ ,  $\beta=80$ ,  $L=0,1\text{ mH}$ ,  $C=253\text{ pF}$ . a) Auf welche Frequenz ist der Schwingkreis abgestimmt? b) Wie groß muss der Widerstand  $R$  gewählt werden?



19. Gegeben ist die nebenstehende Schaltung mit  $U_{BE}=0,7V$ ,  $B=\beta=100$ ,  $r_{BE}=1k\Omega$ ,  $V_{CC}=5V$ ,  $R_L=10\Omega$ ,  $L=91\mu H$  a) Wie groß ist die Grenzfrequenz der Ausgangslast ( $R_L$  &  $L$ ) b) Wie groß muss  $R_V$  gewählt werden, damit der Arbeitspunkt des Emitters bei  $V_{CC}/2$  liegt? c) Wie groß ist die Leistungsaufnahme (ohne weitere Verbraucher)? d) Der Eingang wird an eine niederfrequente Stromquelle angeschlossen mit  $i_{EIN} = \hat{i}_{EIN} \cdot e^{j\omega t}$ . Wie ist der Stromverlauf durch die Last?

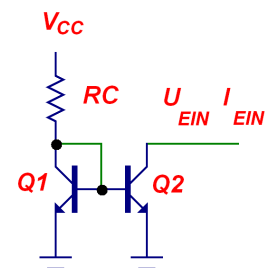


20. Die folgende Schaltung soll eine möglichst konstante Ausgangsspannung  $U_{AUS}$  liefern. Gegeben sind  $U_Z=5,7V$  (Durchbruchspannung der Zenerdiode),  $U_{BE}=0,7V$ ,  $B=\beta=30$ ,  $V_{CC}=25,7V$ ,  $r_{BE}=31\Omega$ ,  $R_V=500\Omega$  a) Wenn sich die Zenerdiode wie eine ideale Spannungsquelle verhält, welche Leistung kann von  $R_L$  höchstens aufgenommen werden, damit die Spannung  $U_{AUS}$  nicht zusammenbricht (Großsignalanalyse mit konstanter Basis-Emitter Spannung)? Wie groß ist in diesem Fall die Verlustleistung des Reglers? b) Der Regler kann als Spannungsquelle für  $U_{AUS}$  aufgefasst werden. Welchen Kleinsignal-Innenwiderstand hat diese Spannungsquelle?



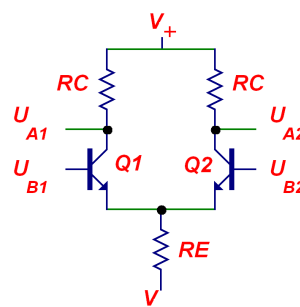
21. Aus drei gleichen Transistoren mit  $B=\beta=99$ ,  $U_{BE}=0,67V$  und  $h_{11}=1k\Omega$  soll eine dreifache Darlingtonschaltung aufgebaut werden. a) Bitte zeichnen sie das Schaltbild. b) Interpretieren Sie diese Schaltung als einzigen großen Transistor und berechnen Sie für diesen ' $U_{BE}$ ' und die Verstärkung ' $B$ '. c) Zeichnen sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild. d) Bestimmen Sie für die Gesamtschaltung die Kleinsignalparameter ' $r_{BE}$ ' und ' $\beta$ '.

22. Unter einem Stromspiegel versteht man eine Schaltung, bei der auf beiden Seiten einer gedachten Linie der gleiche Strom fließt („links 1 mA, rechts 1 mA“). Stromspiegel werden zur Realisierung von Stromquellen/Stromsenken benutzt: a) Welcher Strom  $I_{EIN}$  fließt in die Schaltung bei  $V_{CC}=3,6V$ ,  $U_{BE}=0,6V$ ,  $B=\beta=98$ ,  $R_C=3k\Omega$ ? b) Auf Grund welchen Effektes ist diese Schaltung keine ideale Stromsenke? c) Die Transistoren haben eine Early-Spannung von 16 V. Wie groß ist dann der Innenwiderstand der Stromsenke



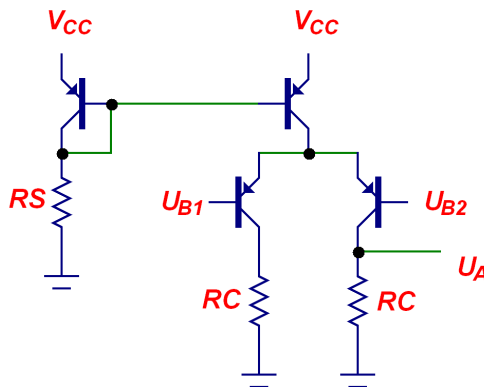
23. Bitte entwerfen Sie aus Widerständen und Operationsverstärkern (OP's) Schaltungen für die folgenden Rechnungen: a)  $Z = A/3$  b)  $Z = A + B + C$  c)  $Z = 1/2(A + B) - C$

24. Für den folgenden Differenzverstärker soll gelten:  $V_+ = -V_- = 12V$ ,  $U_{BE}=0,6V$ ,  $r_{BE}=26k\Omega$  und  $B=\beta=99$ . a) Wie groß muss  $R_E$  gewählt werden, damit bei  $U_{B1}=U_{B2}=0V$  auf beiden Seiten Eingangsströme von  $1\mu A$  fließen? b) Wie groß darf  $R_C$  maximal sein, damit die Transistoren nicht

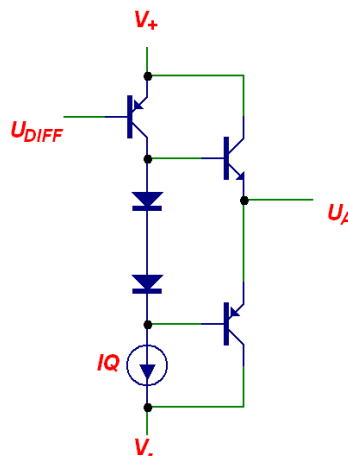


in Sättigung gehen? c) Mit welchem Wert von  $R_C$  wird eine Differenzverstärkung von  $\underline{v}_U = -200$  erreicht?

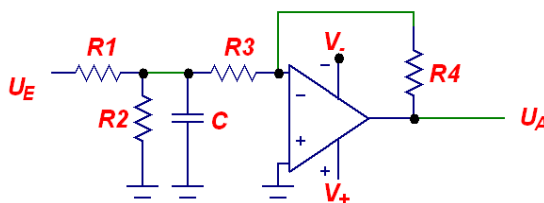
25. Die abgebildete Schaltung stellt eine „abgespeckte“ Version der Eingangsstufe eines käuflich erhältlichen OP's dar.  $V_{CC} = 9V$ ,  $R_S = 83k\Omega$ ,  $B = \beta = 60$ ,  $U_{BE} = 0,7V$ ,  $R_C = 100k\Omega$ ,  $r_{BE} = 32k\Omega$ . a) Zeichnen Sie das Groß-Signal-Ersatzschaltbild! b) Welcher Strom fließt zwischen  $V_{CC}$  und Masse? c) Wie groß ist die Verlustleistung (Ohne Eingangsströme)? d) Wie groß ist der Eingangsstrom  $I_{B1}$  und  $I_{B2}$  für  $U_{B1} = U_{B2}$ ? e) Wie groß ist die Differenzverstärkung?



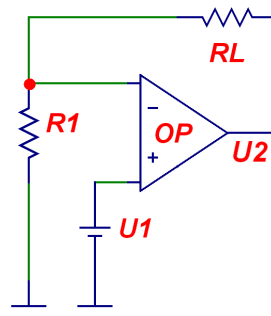
26. Gegeben sei die nebenstehende Verstärkerstufe.  $U_{DIFF}$  ist der Ausgang einer vorangestellten Differenzstufe (nicht notwendiger Weise die aus der vorigen Aufgabe). Im Arbeitspunkt sei  $U_{AUS} = 0V$ ,  $I_{AUS} = 0A$ . Ferner sind gegeben:  $V_+ = -V_- = 9V$ ,  $U_{BE} = U_D = 0,65V$ ,  $B = \beta = 60$ ,  $I_Q = 333\mu A$ . Alle Dioden, auch die Basisemitterdioden der Transistoren haben hier ausnahmsweise die gleichen Sperrströme! a) Bitte bestimmen Sie die Potentiale und Ströme des Arbeitspunktes. b) Bitte berechnen Sie für eine  $100\Omega$  Ausgangslast die Spannungsverstärkung.



27. Ein idealer Operationsverstärker ist mit den Bauelementen  $R_1 = 8k\Omega$ ,  $R_2 = 6k\Omega$ ,  $R_3 = 12k\Omega$ ,  $R_4 = 360k\Omega$ , und  $C_2 = 500pF$  beschaltet. a) Ermitteln Sie allgemein und zahlenmäßig die Spannungsverstärkung  $\underline{v}_U$  bei tiefen Frequenzen. b) Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung bei tiefen Frequenzen. c) Geben Sie die obere Grenzfrequenz  $f_{g,o}$  der Spannungsverstärkung  $\underline{v}_U$  an.

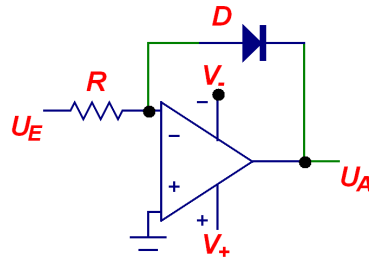


28. Ein Operationsverstärker, der die Differenzspannung  $U_D$  zwischen seinen beiden Eingängen mit der Leerlaufverstärkung  $v_{U,0}$  zum Ausgang hin verstärkt und im übrigen ideale Eigenschaften besitzt, wird in der nebenstehenden Schaltung angewendet. a) Berechnen Sie die Spannung  $U_L$  am Lastwiderstand  $R_L$  als Funktion von  $U_1, I, R_1$  &  $v_{U,0}$ . b) Berechnen Sie den Kleinsignal-Widerstand  $r_A = -dU_L/dI$  der Schaltung.

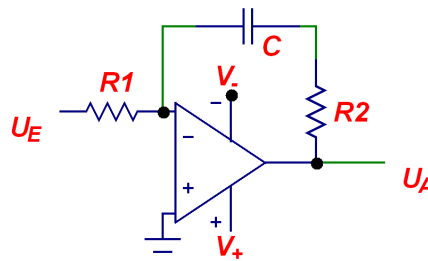


c) Berechnen Sie  $I$  als Funktion von  $U_1, R_L, R_1$  &  $v_{U,0}$  und geben Sie  $I$  für den Grenzfall  $v_{U,0} \rightarrow \infty$  an.

29. Ein idealer Operationsverstärker wird entsprechend nebenstehender Skizze beschaltet. Für die Diode gilt in Durchlassrichtung folgende Beziehung zwischen Diodenstrom  $I$  und Diodenspannung  $U$ :  $I \approx I_S e^{U/U_T}$ , wobei  $I_S$  &  $U_T$  konstant sind. a) Berechnen Sie allgemein  $U_2$  als Funktion von  $U_1$  und den angegebenen Größen. b) Stellen Sie die Abhängigkeit  $U_2 = f(U_1)$  grafisch dar für die Werte  $U_1 = 1\text{mV} \dots 1\text{V}$ ,  $I_S = 10\text{ nA}$ ,  $R = 10\text{ k}\Omega$  und  $U_T = 26\text{ mV}$ . c) Konstruieren Sie eine Schaltung, welche die inverse Rechenoperation ausführt und berechnen Sie deren Übertragungsfunktion.

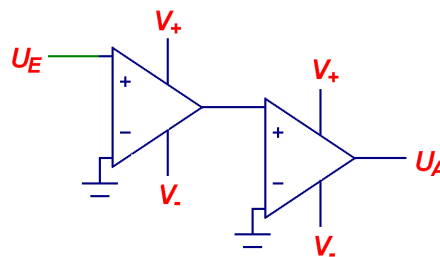


30. Die nebenstehende Schaltung ist mit einem idealen Operationsverstärker aufgebaut. a) Berechnen Sie die Abhängigkeit der Ausgangsspannung  $U_A = f(U_E)$  und den Schaltungsgrößen für beliebige Kurvenformen von  $U_E$ . b) Skizzieren Sie  $U_A = f(t)$ , wenn  $U_E(t)$  eine Rechteckspannung mit  $\hat{U}_E = 1\text{V}$  und  $\tau = 1\text{ms}$ .



(  $R_1 = 50\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 25\text{ k}\Omega$ ,  $C = 20\text{ nF}$  ).

31. Zur Erhöhung der Spannungsverstärkung werden zwei gleiche Operationsverstärker in Reihe geschaltet. Beide haben eine Offsetspannung von  $U_o = 1\text{mV}$  und eine Spannungsverstärkung von  $V_U = 2000$ . Wie groß sind Offsetspannung und Spannungsverstärkung der Gesamtschaltung?







## Lösungen Elektronik III

1. a) NMOS mit 0,5 V Schwellspannung b)  $(U/Volt | I/mA) = (0,1 | 0,045), (0,2 | 0,08), (0,3 | 0,105), (0,4 | 0,12), (0,5 | 0,125), (>0,5 | 0,125)$  c)  $2 \text{ k}\Omega$
2. a) 0 V und 2,115 V b) 1,22 V und -3,12 c) NAND
3. a) Von 0 bis  $-U_{TP}$  nur NMOS, von  $-U_{TP}$  bis  $V_{dd}-U_{TN}$  NMOS und PMOS, von  $V_{dd}-U_{TN}$  bis  $V_{dd}$  nur PMOS b)  $(U_E/Volt | X/mS) = (0 | 1,7), (0,6 | 1,1), (1,7 | 1,1), (2,3 | 1,7)$  c)  $R = 909 \Omega$
4. a)  $U_S = 0,268 \text{ V}, U_D = 2,973 \text{ V}$  b)  $R_D = 37,3 \text{ k}\Omega$  c)  $R_D = 74,6 \text{ k}\Omega$
5. a)  $(E, B, C) = (V_m, 0, V_p) \Rightarrow$  Vorwärtsbetrieb,  $(V_m, V_p, 0)$  oder  $(0, V_p, V_m) \Rightarrow$  Sättigung b)  $(V_p, 0, V_m) \Rightarrow$  rückwärts-aktiv,  $(V_p, V_m, 0)$  oder  $(0, V_m, V_p) \Rightarrow$  Sperren; Vorwärts: Emitterstrom, Sättigung: Basisstrom, Rückwärts: Kollektorstrom c)  $1 \text{ mA}$  d)  $2 \text{ mA}$
6. a)  $150^\circ\text{C}$  b) ca. 1,315 also +31,5% c)  $r_{BE} = 1 \Omega$
7. a)  $h_{21} = 110, h_{11} = 3,5 \text{ k}\Omega, h_{12} = 1,8 \cdot 10^{-4}, h_{22} = 15,6 \text{ mS}$  b)  $U_A = 64 \text{ V}, b = 110$
8. a)  $h_{11} = 312 \Omega, h_{12} = „0“, h_{21} = 120, h_{22} = 250 \text{ mS}$
9. a)  $v_U = (V_{CC} - U_C(A.P.)) / U_T = 0 \dots 1615$  b)  $R_1 = 2,7 \text{ k}\Omega, R_2 = 795 \text{ k}\Omega$  c)  $P = 330 \text{ mW}$
10. a)  $U_C > U_B$  b)  $R_2 / R_3 < 6,14$  c)  $R_2 / R_3 = 0,754$
11. a)  $1/r_E = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$  b) gar nicht c)  $r_E = R_3$
12. Alle Ströme müssen um Null pendeln, da kapazitiv getrennt, sie sind in etwa gleich groß.  $I_{AUS} \sim 123 \mu\text{A} \cdot \sin(2\pi 100 \text{ MHz})$ , Nulldurchgänge bei 5, 10, 15, ... ns; Die Spannungsverstärkung ist  $v_U = \beta R_C / r_{BE} = 33,3$ ,  $U_B = 2,4 \text{ V}$
13. a)  $U_E = 1,7 \text{ V}, U_B = 2,4 \text{ V}, U_C = 5,3 \text{ V}$  b)  $P = 89 \text{ mW}$  c)  $V_U = -3,9$
14. a)  $R_L = 1 \text{ k}\Omega$  b)  $R_2 = 16 \text{ k}\Omega$  c)  $R_1 = 67,2 \text{ k}\Omega$  d)  $v_U = -80$  e)  $r_E = 1,73 \text{ k}\Omega$  f)  $f_{gu} = 9,2 \text{ Hz}$
15. a)  $I_C = 2,5 \text{ mA}$  b)  $R_E = 396 \Omega$  c)  $R_1 = 67,2 \text{ k}\Omega; R_2 = 16 \text{ k}\Omega$  d)  $r_e = 2,435 \text{ k}\Omega$  e)  $v_U = -33,3$  f)  $f_{gu} = 65,4 \text{ Hz}; f_{go} = 159 \text{ kHz}$
16.  $R_1 = 228 \text{ k}\Omega, I_C = 7,5 \text{ mA}, U_{CE} = 6 \text{ V}, R_C = 800 \Omega$
17. a)  $v_U^* = 47,6 \text{ dB}$  b)  $f_{go} = 398 \text{ kHz}$  c)  $f_{gu} = 63,8 \text{ Hz}$
18. a)  $f_0 = 1 \text{ MHz}$  b)  $R = 2 \text{ k}\Omega$  c)  $\Delta f = 117,7 \text{ kHz}$
19. a)  $f_g = 17500 \text{ Hz}$  b)  $R_V = 727,2 \Omega$  c)  $P = 1,25 \text{ W}$  d)  $i_{LAST} = 27 \cdot \hat{i}_{EIN} \cdot e^{j\omega t}$
20. a) Bei einer Last von 4 Ohm ist kein Strom für die Zenerdiode „über“  $\rightarrow P_{MAX} = 6,2 \text{ W}, P_V = 25,9 \text{ W}$  b)  $r_A = 1 \Omega$
21. a) ... b)  $U_{BE} = 2 \text{ V}, „B“ = 999999$  c) ... d)  $„\beta“ = 999999, „r_{BE}“ = 10,1 \text{ M}\Omega$
22. a)  $I_{EIN} = 0,98 \text{ mA}$  b) Early-Effekt c)  $r_{CE} = 16,3 \text{ k}\Omega$
23. a) ... b) ... c) ...
24. a)  $R_E = 57 \text{ k}\Omega$  b)  $R_C^{max} = 127,3 \text{ k}\Omega$  c)  $R_C = 105 \text{ k}\Omega$
25. a) ... b)  $I_{gesamt} = 197 \mu\text{A}$  c)  $P_{Verlust} = 1,77 \text{ mW}$  d)  $I_{B1} = I_{B2} = 0,79 \mu\text{A}$  e)  $V_U = -94$
26. a)  $U_{Diff} = 8,351 \text{ V}, U_B(T_2) = 0,65 \text{ V}, U_B(T_3) = -0,65 \text{ V}, I_{Dioden} = 167 \mu\text{A}, I_{Diff} = 5,55 \mu\text{A}, I_{Kollektor}(T_2, T_3) = 10 \text{ mA}$  b)  $V_U = -152,5$
27. a)  $v_U = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$  b)  $r_E = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 12 \text{ k}\Omega$  c)  $f_{go} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}{2\pi \cdot C_2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot R_3} = 119 \text{ kHz}$
28. a)  $U_L = v_{U,0} \cdot U_1 - (1 + v_{U,0}) \cdot R_1 \cdot I$  b)  $r_A = (1 + v_{U,0}) \cdot R_1$  c)  $I = \frac{U_1}{R_1 + (R_1 + R_L) / v_{U,0}} \rightarrow \frac{U_1}{R_1}$
29. a)  $U_2 = -U_T \cdot \ln\left(\frac{U_1}{I_0 R}\right)$  b) ... c) ...

30. a)  $U_A = -\frac{R_2}{R_1} U_E - \frac{1}{R_1 C} \int U_E dt$  b) ...

31. Es ist  $V_U(\text{ges}) = V_U^2 = 4 \cdot 10^6$ . Nenne  $U_X$  die Spannung zwischen den Operationsverstärkern. Dann ist  $U_X = V_U \cdot (U_E - U_O)$  und  $U_A = V_U \cdot (U_X - U_O)$ , also  $U_A = V_U \cdot [V_U \cdot (U_E - U_O) - U_O]$ . Die Offsetspannung der Gesamtschaltung ist dasjenige  $U_E$ , für das  $U_A = 0$  wird. Aus  $0 = V_U \cdot [V_U \cdot (U_{E0} - U_O) - U_O]$  ergibt sich die Offsetspannung für die Gesamtschaltung von

$$U_{E0} = U_O \cdot \left(1 + \frac{1}{V_U}\right) \approx U_O$$