

Die folgenden **Rechenbeispiele** zu *Grundlagen der Elektronik* werden in der angegebenen Übungseinheit vom Vortragenden vorgerechnet und erläutert. Die ausgearbeiteten Beispiele werden nicht auf TISS veröffentlicht, Ihre Anwesenheit ist erforderlich!

Es wird dringend empfohlen, die Beispiele zuvor selbständig zu lösen, weil bei den Tests ähnliche Aufgaben gestellt werden!

Ausgearbeitete Beispiele können **am Beginn** der Übungseinheit (pünktlich!) in Papierform abgegeben werden, um Bonuspunkte für die Beispiele angerechnet zu bekommen.

Voraussetzungen für die Bewertung:

- Form: Eigenhändige Handschrift (als Original), klar und gut leserlich. Tipp: Behalten Sie sich eine Kopie oder gescannte Version, damit Sie Ihre Ergebnisse mit den in der Übung präsentierten Rechnungen vergleichen können.
- Wir behalten uns die Möglichkeit vor, die Handschrift mit der in den Tests zu vergleichen.
- Name und Matrikelnummer auf der ersten Seite.
- Wenn mehr als ein Blatt abgegeben wird, bitte zusammenheften! Für verloren gegangene fliegende Zettel gibt es keine Punkte.
- Rechengang nachvollziehbar und richtig.
- Ergebnis richtig (alle Teilaufgaben zu einer Nummer; bis auf allfällige Rundungsfehler).
- Sonderregelung bei Krankheit oder anderen unvermeidbarer Verhinderung: **Spätestens am Vortag** per e-Mail (gescannte handschriftliche Ausarbeitung im Anhang, vorzugsweise PDF; eventuell JPEG oder PNG) an einen der Tutoren

Peter Drmota      [peter.drmota@tuwien.ac.at](mailto:peter.drmota@tuwien.ac.at)

Alexander Vock    [alexander.vock@tuwien.ac.at](mailto:alexander.vock@tuwien.ac.at)

Für ein korrekt ausgearbeitetes Beispiel erhalten Sie 0.5 Bonuspunkte, jedoch **max. 2 Bonuspunkte** pro Übungseinheit. Insgesamt können **maximal 8 Bonuspunkte** erworben werden.

*Verspätet abgegebene Beispiele oder solche, die den angegebenen Kriterien nicht entsprechen, können nicht berücksichtigt werden!*

Bei allen Beispielen:

Wenn eine Größe nicht angegeben ist, es dafür aber einen „typischen“ Wert gibt, nehmen Sie diesen typischen Wert an.

Bei den Transistoren kann der Leitwert parallel zur Stromsenke in der Kollektor-Emitter-Strecke vernachlässigt werden, wenn sich aus dem Beispiel nichts anderes ergibt.

Beispiel C1

*Auch wenn es ein langes Beispiel ist, bitte unbedingt durcharbeiten; hier steckt so ziemlich alles drin, was Sie über die grundlegenden Gleichrichterschaltungen wissen müssen! (für den Test und auch sonst...).*

- (a) Einweg-Gleichrichter mit Glättungskondensator:  
Eingangsspannung ist die Trafo-Sekundärspannung  $U_{\text{eff,sek}} = 12 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ .  $C_G = 470 \mu\text{F}$ .  
- Zeichnen Sie den Schaltplan aus dem Gedächtnis (erst danach mit dem Skriptum vergleichen und bei Bedarf korrigieren! Ebenso bei den folgenden Rechnungen!)

Berechnen Sie:

- Leerlaufspannung am Ausgang

Die folgenden Daten für einen Laststrom von 70 mA:

- Brummspannung und Brummfrequenz am Ausgang,
- Minimum und Maximum der Ausgangsspannung während einer Periode der Sinusspannung,

- (b) Zweiweg-Gleichrichter mit Glättungskondensator in Mittelpunktschaltung  
[Trafospannung  $U_{\text{eff,sek}} = 2 \times 12 \text{ V}$ ; alle anderen Größen wie unter (a)].  
- Zeichnen Sie den Schaltplan aus dem Gedächtnis.  
- Berechnen Sie die gleichen Größen wie unter (a).
- (c) Zweiweg-Gleichrichter in Graetz-Schaltung mit Glättungskondensator; alle Größen wie unter (a):  
- Zeichnen Sie den Schaltplan aus dem Gedächtnis.  
- Berechnen Sie die gleichen Größen wie unter (a).  
Hinweis: für die Bestimmung der Sperrspannung betrachten Sie die Spannungen in der Schaltung zu einem Zeitpunkt, wenn die Eingangsspannung den Scheitelwert erreicht.
- (d) Wird die Ausgangsspannung mit Last in der Praxis größer oder kleiner sein als berechnet? Warum?

Beispiel C2

Berechnen Sie für jede der drei Schaltungen in Beispiel C1:

- (a) Die Maximalspannung an einer Diode in Sperrrichtung (bei der Berechnung der Sperrspannung bitte die Kniespannungen der Dioden vernachlässigen).
- (b) Die mittlere Verlustleistung je Diode, also der Mittelwert der in der Diode dissipierten Leistung über eine volle Periode der Wechselspannung. (Das finden Sie nicht im Skriptum, lässt sich aber mit ein wenig Nachdenken ganz leicht lösen).

Beispiel C3

Ein Verbraucher, der einen Strom zwischen 2 und 4 mA aufnimmt, soll mit einer stabilisierten Spannung von 15 V versorgt werden.

Der Verbraucher bleibt immer angeschlossen (der Laststrom ist also nie kleiner als 2 mA).

Die Eingangsspannung kommt aus einem Gleichrichter; die Scheitelspannung (Maximalwert der Ausgangsspannung des Gleichrichters) ist  $24 \text{ V} \pm 10\%$  (Toleranzbereich wegen Schwankungen der Netzspannung). Die Brummspannung ist  $U_{\text{Br,ss}} = 1.5 \text{ V}$ .

Der Minimalwert des Stroms durch die Z-Diode soll 1 mA betragen.

Gesucht:

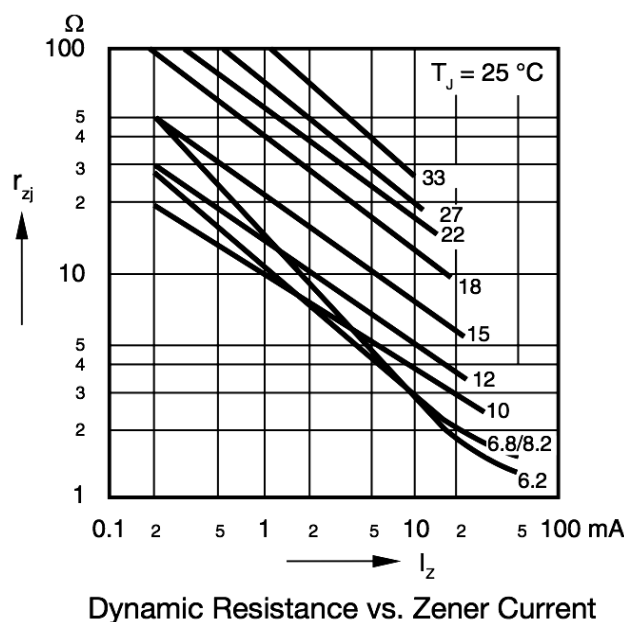
- Schaltbild der Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode  
(aus dem Gedächtnis zeichnen, erst dann mit dem Skriptum vergleichen)!
- Dimensionierung des Vorwiderstandes  
(bitte einen passenden Widerstand der Reihe E12 auswählen; siehe Anhang im Skriptum)
- maximale Verlustleistung im Vorwiderstand,
- maximale Verlustleistung in der Z-Diode,
- größte Änderung der Ausgangsspannung bei Schwankungen der Eingangsspannung und des Laststroms innerhalb der spezifizierten Grenzen (näherungsweise  $r_z$  konstant annehmen, siehe unten),
- Spitze-Spitze Wert der Brummspannung am Ausgang  
(Beiträge  $< 10\%$  dürfen vernachlässigt werden).

Entnehmen Sie den differentiellen Widerstand  $r_z$  der Z-Diode aus der Grafik (es gilt die mit „15“ bezeichnete Kurve). Sie können für diese Rechnungen einen „typischen“ Strom von  $I_z = 2 \text{ mA}$  annehmen.

Wenn Sie es möglichst genau ablesen wollen, unter diesem Link gäbe es ein Online-Tool zum Ausmessen von Grafiken – diese Genauigkeit ist aber nicht notwendig:

<http://arohatgi.info/WebPlotDigitizer/>

(dort auf „Launch App“ tippen, Screenshot der Grafik mit „File“ hochladen, dann „Calibrate Axes“)



Beispiel C4

Gegeben sei ein npn-Si-Transistor mit Stromverstärkung  $\beta > 150$  in Emitterschaltung zur Verstärkung kleiner Wechselfspannungen. Die Stabilisierung des Arbeitspunkts erfolgt mittels Basisspannungsteiler und Emitterwiderstand.

- (a) Zeichnen Sie das Schaltbild aus dem Gedächtnis (erst dann mit dem Skriptum vergleichen).  
 (b) Die Versorgungsspannung beträgt +36 V; am Arbeitspunkt des Transistors soll ein Kollektorstrom von  $I_C = 5 \text{ mA}$  fließen. Die Kollektorspannung beim Arbeitspunkt sei 19.5 V (gegen Masse). Der Strom durch den Basisspannungsteiler („Querstrom“) soll mindestens das 10-fache des Basisstroms  $I_B$  betragen.

Sie wollen bei hohen Frequenzen (bei denen die Impedanz des Koppelkondensators am Eingang vernachlässigbar klein ist) eine Spannungsverstärkung von  $|g_u| = 15$  erreichen.

Sie können  $\beta \gg 1$  annehmen, also Terme der Ordnung  $1/\beta$  gegen 1 vernachlässigen. Weiters können Sie den differentiellen Widerstand der Basis-Emitterstrecke  $r_{BE}$  vernachlässigen.

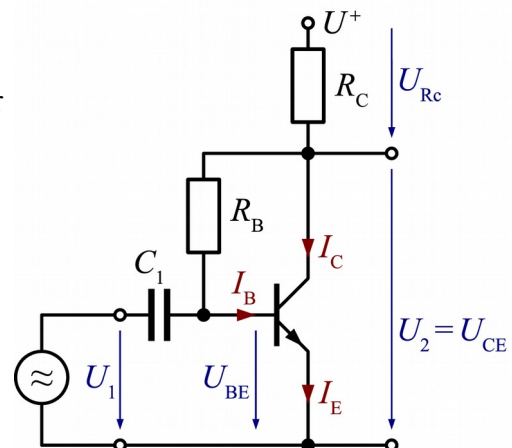
Berechnen Sie die Werte der benötigten Widerstände. (Bei allen Rechnungen erst nachdenken und rechnen, dann mit dem Skriptum vergleichen!)

Beispiel C5

Gegeben sei ein npn-Si-Transistor mit Stromverstärkung  $\beta = 300$  in Emitterschaltung, bei dem der Basisstrom über einen Widerstand  $R_B$  von der Kollektorspannung kommt (siehe Bild; dies ist eine eher ungewöhnlichen Schaltung für die Arbeitspunktstabilisierung).

Die Versorgungsspannung ist +18 V; der Kollektorwiderstand ist  $R_C = 1.5 \text{ k}\Omega$ .

- (a) Berechnen Sie den notwendigen Basisstrom, um den Arbeitspunkt so einzustellen, dass die Spannung am Kollektor in der Mitte zwischen Masse und der positiven Versorgungsspannung liegt.  
 (b) Berechnen Sie den dafür benötigten Basiswiderstand  $R_B$ .  
 (c) Berechnen Sie die Spannungsverstärkung  $g_u$  der Schaltung für kleine Wechselfspannungen am Eingang. Nehmen Sie dabei an, dass der differentielle Widerstand der Basis-Emitterstrecke durch



$$r_{BE} = U_{th}/I_B \quad \text{mit} \quad U_{th} = k_B T/e = 26 \text{ mV}$$

gegeben ist, und dass die Impedanz des Koppelkondensators vernachlässigbar klein ist.

- (d) Der Transistor ist aus irgend einem Grund leider defekt. Sie müssen ihn auswechseln und lassen den Rest der Schaltung gleich. Der neue Transistor hat aber nur  $\beta = 100$ . Berechnen Sie den Arbeitspunkt ( $U_{CE}$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ ) für den neuen Transistor.  
 (e) Berechnen Sie die Spannungsverstärkung  $g_u$  der Schaltung mit dem neuen Transistor.

Beispiel C6

Nehmen Sie hier an, dass die Z-Diode eine „ideale“ Kennlinie hat, also  $r_z=0$ , sobald die Zenerspannung erreicht ist.

- (a) Sie wollen den Eingang eines Spannungsverstärkers gegen positive und negative Überspannungen bis 100 V schützen. Spannungen bis ca.  $\pm 10$  V sollen unverändert gemessen werden (etwas höhere Spannungen „verträgt“ der Verstärker auch, aber mehr als ca.  $\pm 12$  V wollen Sie ihm nicht zumuten). Der Verstärker hat einen sehr hohen Eingangswiderstand.

Überlegen Sie sich eine passende Schutzschaltung mit Z-Dioden:

- Denken Sie zuerst nach, was passiert, wenn Sie eine Z-Diode parallel zum Eingang des Verstärkers legen, und wie Sie den Strom durch die Z-Diode begrenzen können, sodass die Verlustleistung in der Z-Diode nicht über 0.2 W steigt.
- Denken Sie dann nach, wie diese Schaltung für positive und negative Eingangsspannungen arbeitet, und wie Sie mit einer zweiten Z-Diode das gewünschte Verhalten erreichen können.

- (b) Überlegen Sie die Funktion der Schaltung im Bild rechts:  
Skizzieren Sie die Kennlinie  $I(U)$  für positive Spannungen  $U$ .  
(Sie dürfen auch die Kennlinie der Basis-Emitterdiode nach Überschreiten der Kniespannung als unendlich steil annähern).

