

Vortestat: Testat: Teilnehmer: 1
 (Bearbeiter)
 Verbessern: 2
 Ergänzen: 3

Transistor als Stromquelle und als Schalter

Lernziele: - Funktion des Transistors verstehen
 - Gegenkopplung zur Stabilisierung des Stromes dimensionieren
 - Bipolaren Transistor und Feldeffekt-Transistor als Schalter anwenden können.

Literatur: [1] Stefan Goßner: Grundlagen der Elektronik, Shaker-Verlag
 [2] Erwin Böhmer: Elemente der angewandten Elektronik, Vieweg-Verlag

V ... = Vorbereitung

D ... = Durchführung

1. Bestimmung des Stromverstärkungsfaktors für BCY 59-VII

V 1 Entwerfen Sie eine Schaltung, mit der Sie die Stromverstärkungsfaktoren B (in Emitterschaltung) bei $I_C = 2\text{mA}$ und bei $I_C = 10\text{mA}$ bestimmen können.
 Bereiten Sie eine Tabelle für die Messwerte vor.

Welche Verlustleistung dürfen Sie nicht überschreiten?

D Bauen Sie die Schaltung auf und kontrollieren Sie diese durch eine 2. Person.
 Führen Sie die notwendigen Messungen durch und tragen die Ergebnisse in die Tabelle ein.

2. Die Stromquelle

2.1 Stromquelle mit Bipolar-Transistor

V 2.1 Entwerfen Sie für **BCY59-VII** eine Schaltung, die den Strom bei 25°C konstant auf den Wert **2mA** hält. Eine Arbeitspunkteinstellung mit Emitterwiderstand ist ausreichend.

Bereiten Sie für die Messung des Stromes in Abhängigkeit von der Spannung an der Last eine Tabelle vor (mit Kurzschluss und zwei unterschiedlichen Lastwiderständen).

Versorgungsspannung: $U_S = 15\text{V}$

Basis-Emitter-Spannung: $U_{BE(25^\circ\text{C})} = 0.7\text{V}$

Im Temperaturbereich $-25^\circ\text{C} \dots +25^\circ\text{C} \dots +75^\circ\text{C}$ ($\Delta\vartheta = 100\text{K}$) ändert sich U_{BE} um $+100\text{mV} \dots 0\text{mV} \dots -100\text{mV}$ ($\Delta U_{RE} = -\Delta U_{BE} = 200\text{mV}$). Die Stromänderung soll im gegebenen Temperaturbereich $\pm 0.1\text{mA}$ ($\Delta I_E = 0.2\text{mA}$) betragen. Deshalb wählt man $U_{RE} \approx 2\text{V}$

ausreichend groß gegenüber der Änderung und $R_E = \Delta U_{RE} / \Delta I_E$.

Wählen Sie zunächst einen Lastwiderstand so aus, dass $U_{CE} = 5\text{V}$ beträgt.

In welchem Bereich U_{CE} ist eine Stromregelung möglich?

Wie bestimmen Sie den Innenwiderstand der Stromquelle?

D Bauen Sie die Schaltung auf und messen Sie das Lastverhalten der Schaltung.

2.2 Stromquelle mit Feldeffekt-Transistor (FET)

V 2.2 Entwerfen Sie für den JFET **2N4858** eine Schaltung, die den Strom auf ca. 2mA konstant hält. setzen Sie für die Berechnung die Gate-Source-Spannung $U_{GS} = -1,9V$ (aus Simulation).

D Bauen Sie die Schaltung auf und führen Sie die Messung wie unter 2.1 durch. Bestimmen Sie auch hier den Innenwiderstand der Stromquelle.

3. Bipolar-Transistor und FET als Schalter

3.1 Schaltverhalten des Leistungstransistors 2N3055

V 3.1 Entwerfen Sie eine Schaltung, mit der Sie eine ohmsche Last ein- und ausschalten können. Als Steuerquelle für den Transistor soll der Funktionsgenerator (Agilent 33210A) verwendet werden. Schalten Sie einen Kollektorstrom von ungefähr 1A. Wählen Sie den Basisvorwiderstand so, dass bei einer Generatorspannung von 10V der Basisstrom

- zu gesättigtem Betrieb bzw.
- zu nicht gesättigtem Betrieb des Transistors führt.

Wie verhindert man in der Schaltung die Sättigung des Transistors?

D Bauen Sie die Schaltung auf und messen Sie mit dem Oszilloskop die Augenblickswerte von Steuerspannung und Kollektorstrom des Transistors. Wählen Sie die Schaltfrequenz so, dass Sie die transistorspezifischen Schaltzeiten gut erkennen können.

Ändern Sie die Ansteuerbeschaltung so, dass sich die Schaltzeiten deutlich verringern.

Messen Sie den Unterschied und skizzieren Sie das Schaltverhalten.

3.2 Tiefsetzsteller mit n-Kanal-MOSFET BUZ11A

V 3.2 Entwerfen Sie eine Tiefsetzsteller-Schaltung unter Zugrundelegung folgender Größen:

Eingangsspannung: $U_{EIN} = 12V$ (vom Labornetzgerät)

Ausgangsspannung: $U_{AUS,AV} = 6V$

Ausgangsstrom: $I_{AUS,AV} = 0,15A$

Drossel: $L = 1mH$

Vorwiderstand für das Gate des FET: $R_G = 3,3k\Omega$

Amplitude des Steuerpulses: $5V$ (eventuell auch größer)

Stabilisieren Sie die Ausgangsspannung durch einen Elektrolytkondensator mit $C = 100\mu F$.

Welche Einschaltzeit t_{ein} müssen Sie mindestens wählen, damit der Strom nicht lückt? (Anmerkung: Unter Lücken versteht man die kurzzeitige Unterbrechung des Stromflusses. Dies kann bei zu großen Schwankungen des Drosselstromes auftreten. Siehe hierzu die Literatur: [1] Kapitel 20.2 Drossel-Abwärtswandler)

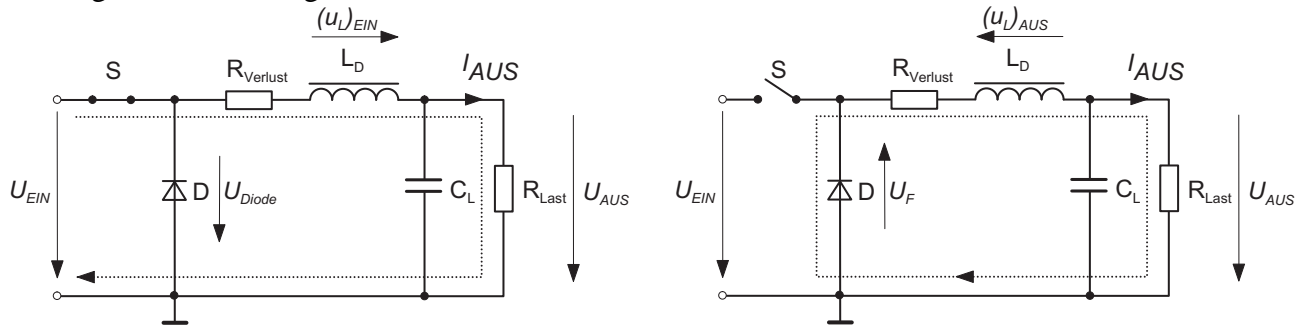
Welches Tastverhältnis (t_{ein}/T) müssen Sie für die gegebene Ausgangsspannung einstellen? Welche Periodendauer T bzw. Pulsfrequenz $f = 1/T$ müssen Sie mindestens einstellen?

D Beobachten Sie mit dem Oszilloskop, wann Strom durch die Diode und wann er durch den Transistor fließt und skizzieren Sie diesen.

Messen Sie den Mittelwert der Ausgangsspannung, und vergleichen Sie ihn mit dem geforderten Wert. Variieren Sie zur Änderung der Ausgangsspannung das Tastverhältnis.

Auslegung eines Tiefsetzstellers

Funktion: Die Eingangsspannung soll ähnlich wie bei einem Spannungsteiler (jedoch verlustarm) auf einen kleineren Ausgangsspannungswert heruntergeteilt werden. Dazu wird sie im Zeitbereich von einem Schalter (MOSFET) zerhackt, und mit Hilfe eines LC-Tiefpasses verlustarm der Mittelwert gebildet. Der unvermeidliche Widerstand (R_{Verlust}) der Induktivität wird in den folgenden Erklärungen vernachlässigt.



Schalter S eingeschaltet: t_{EIN}

Die Drossel nimmt die Differenz zwischen Eingangsspannung U_{EIN} und Ausgangsspannung U_{AUS} auf.

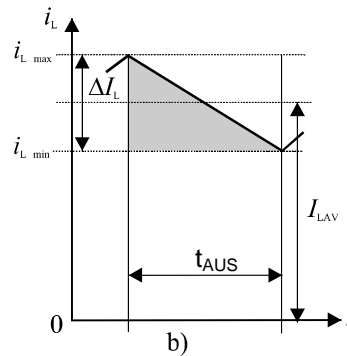
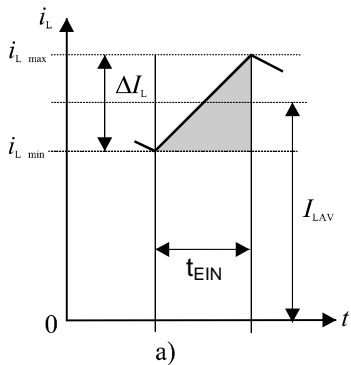
Der Strom fließt vom Eingang direkt zur Last.

Schalter S ausgeschaltet: t_{AUS}

Die Drossel will ihren Strom weiter treiben. Die Diode übernimmt den Strom. An der Drossel liegt nun die Ausgangsspannung abzüglich der hier vernachlässigten Dioden-Flussspannung (U_F).

$$i_{\text{AUS}}(t) = \text{Anfangswert} + \frac{U_{\text{EIN}} - U_{\text{AUS}}}{L} \cdot t$$

$$i_{\text{AUS}}(t) = \text{Anfangswert} + \frac{(-U_{\text{AUS}})}{L} \cdot t$$



Der Mittelwert der Ausgangsspannung wird ähnlich wie beim Spannungsteiler berechnet:

$$\frac{U_{\text{AUS}}}{U_{\text{EIN}}} = \frac{t_{\text{EIN}}}{t_{\text{EIN}} + t_{\text{AUS}}}$$

Die Induktivität der Drossel wird aus dem Stromanstieg Δi_{AUS} während des Einschaltens oder dem Abfall während des Ausschaltens errechnet:

$$i_{\text{AUS}}(t) = \frac{(U_{\text{EIN}} - U_{\text{AUS}})}{L} \cdot t = \frac{U_{\text{AUS}}}{L} \cdot t$$

$$L = \frac{(U_{\text{EIN}} - U_{\text{AUS}})}{\Delta i_{\text{AUS}}} \cdot t_{\text{EIN}} = \frac{U_{\text{AUS}}}{\Delta i_{\text{AUS}}} \cdot t_{\text{AUS}}$$

Auslegung:

$$t_{\text{EIN}} = \frac{L \cdot \Delta i}{U} = \frac{1\text{mH} \cdot 2 \cdot 0,15\text{A}}{6\text{V}} = 50\mu\text{s}, \quad \frac{t_{\text{EIN}}}{T} = \frac{U_{\text{AUS}}}{U_{\text{EIN}}} = 0,5 \quad T = 100\mu\text{s} \quad f = 10\text{kHz}$$

Zusatz-Bauteileliste:

Drosseln: L = 1mH, L = 0,5mH

Dioden: SB 550 (Schottky-Diode für Tiefsetzsteller)

Transistoren:

	Leistungstransistor 2N 3055	NF-Bipolar-Transistor BCY59	Feldeffekttransistor JFET 2N4858
Kenn- werte	$B_{min} = 20$ $\vartheta_{jmax} = 200^{\circ}C$ $R_{th,JG} = 1,5k/W$	BCY59-VII: B = 170 (120 bis 220) bei $I_C=2mA$, $U_{CE} = 5V$ BCY59-IX: B = 350 (250 bis 460) bei $I_C=2mA$, $U_{CE} = 5V$ $\vartheta_{jmax} = 200^{\circ}C$ $R_{thJU} = 450K/W$	$U_{GS(off)} = -4V \dots -0,8V$
Grenz- werte	$P_{Verlust,max} = 115W$ $I_{Cmax} = 15A$ $I_{Bmax} = 7A$	$P_{Verlust,max} = 300mW$ $U_{CES} = 50V$ $U_{CE0} = 45V$ $U_{EB0} = 6V$	$U_{DS} = 40V$ $P_{Verlust,max} = 0,36W$ (ohne Kühlkörper)
	Kühlkörper: $R_{thKU} = 0,68k/W$		
Grenz- werte		Feldeffekttransistor n-Kanal-MOSFET BUZ11A $P_{Verlust,max} = 75W$ (@ $U_{DS} = 20V$) $U_{(BR)DSS} = 50V$ $U_{(BR)GSS} = 20V$ $I_D = 26A$ $I_{DSS,min} = 250\mu A$ $I_{GSS,max} = 100nA$ $r_{DSon,max} = 55m\Omega$ $g_{fs} = 10S \dots 17S$	