


Department Informations- und Elektrotechnik		Labor für Grundlagen der Elektrotechnik		 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>	
Studiengruppe:		ETP1-4		Protokollführer (Name, Vorname):	
Übungstag (Datum):				Weitere Übungsteilnehmer:	
Professor:		Testat:			
Konstantspannungsquelle, gesteuerte Quelle – Simulation mit PSpice –					

Übersicht

Im ersten Teil dieser Laborübung soll eine Silizium-Diode mit nichtlinearer I - U -Kennlinie zum Aufbau einer Konstantspannungsquelle eingesetzt werden. Es ist eine Schaltung zu dimensionieren und die Spannungsstabilisierung durch PSpice zu verifizieren.

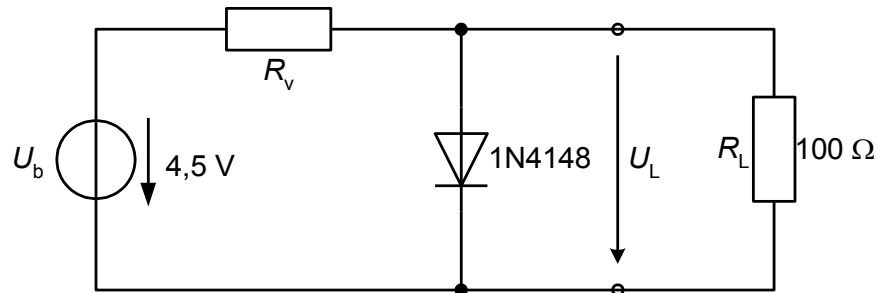
Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Modellierung und PSpice-Simulation eines Gleichspannungsverstärkers durch eine gesteuerte Quelle.

Theoretische Grundlagen

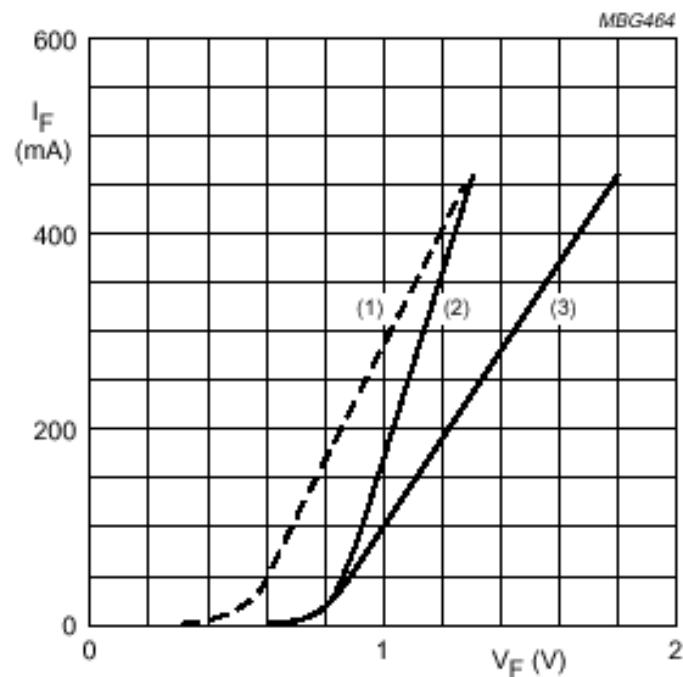
- Bauelemente mit nichtlinearer I - U -Kennlinie
- Arbeitspunkt nichtlinearer Zweipole
- Quellenersatzschaltbilder
- Netzwerke mit gesteuerten Quellen

1. Konstantspannungsquelle

Neben ihrer Gleichrichtwirkung lassen sich Dioden auch zur Stabilisierung von Gleichspannungen heranziehen. Mit der abgebildeten Schaltung soll aus einer Batteriespannung U_b mit einer Nennspannung $4,5V$ eine stabilisierte Spannung $U_L = 1V$ am Lastwiderstand R_L erzeugt werden.



Die I - U -Kennlinie der einzusetzenden Kleinleistungsdiode 1N4148 lässt sich neben anderen Parametern dem Datenblatt (Quelle: NXP Semiconductors) entnehmen:



- (1) $T_j = 175^\circ\text{C}$; typical values.
- (2) $T_j = 25^\circ\text{C}$; typical values.
- (3) $T_j = 25^\circ\text{C}$; maximum values.

I_F : Vorwärtsstrom (forward current)

V_F : Vorwärtsspannung (forward voltage)

T_j : Sperrschichttemperatur (junction temperature)

1.1 Vorbereitungen

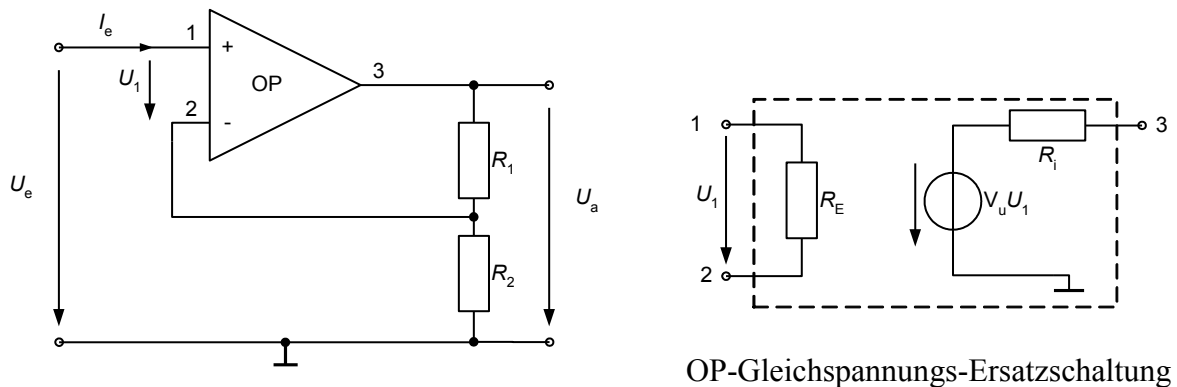
- 1.1.1 Dimensionieren Sie mit Hilfe der I - U -Diodenkennlinie den Vorwiderstand R_V so, dass sich bei der Batterie-Nennspannung ($4,5V$) am Lastwiderstand eine Spannung von $U_L = 1V$ einstellt.
- 1.1.2 Berechnen Sie für diese Dimensionierung die in der Diode, im Vorwiderstand, im Lastwiderstand und in der Quelle umgesetzten Leistungen. Wie groß ist der Wirkungsgrad $\eta = \frac{\text{Leistung an } R_L}{\text{Gesamtleistung aller Verbraucher}}$ der Stabilisationsschaltung?

1.2 Simulationen

- 1.2.1 Erstellen Sie in PSpice unter *capture* oder *schematics* den oben dargestellten Schaltplan mit dem von Ihnen berechneten Vorwiderstand R_V .
- 1.2.2 Simulieren Sie die Schaltung für Batteriespannungen U_b im Bereich von $3V$ bis $6V$ und überprüfen Sie die stabilisierende Wirkung unter *probe*.
Wiederholen Sie die Simulation für verschiedene Betriebstemperaturen, z. B. bei $T = 15^\circ C, 25^\circ C$ und $30^\circ C$.
Vergleichen Sie Ihre Berechnungen mit den Ergebnissen der Simulation.
- 1.2.3 Bestimmen Sie bei $U_b = 4,5V$ die Empfindlichkeit $\Delta U_L / \Delta U_B$ der Ausgangsspannung gegenüber Batteriespannungsschwankungen.
- 1.2.4 Variieren Sie nun in der Schaltung bei einer Batterienennspannung von $U_b = 4,5V$ den Lastwiderstand R_L im Bereich von 1Ω bis $10k\Omega$ und stellen Sie die Änderung der Spannung U_L bei Variation der Last mit *probe* dar.
Ab welchem Wert des Lastwiderstandes kann die Schaltung als Spannungskonstanter bezeichnet werden, wenn eine Spannungsabweichung von 5% gegenüber dem unbelasteten Fall akzeptiert wird?
Erklären Sie das Absinken von U_L unter $1V$, wenn der Lastwiderstand zu klein ist.
- 1.2.5 Ersetzen Sie die Diode durch einen dem Gleichstromwiderstand der Diode bei $U_b = 4,5V$ entsprechenden ohmschen Widerstand und wiederholen Sie 1.2.4 sinngemäß. Welche Schaltung ist der bessere Spannungskonstanter, und warum?

2 Gesteuerte Quelle

Die Schaltung zeigt einen sogenannten Gleichspannungs-Elektrometerverstärker. Dieser besitzt einen sehr großen Eingangswiderstand U_e/I_e . Den Kern der Schaltung bildet ein sog. Operationsverstärker (OP). Der OP ist ein Differenzverstärker mit positivem und negativem Eingang. Er verstärkt die Spannung U_1 zwischen den beiden Eingängen mit einer i.a. sehr großen, aber exemplarabhängigen Spannungsverstärkung $V_u = U_a/U_1 \gg 5 \cdot 10^4$.



Der OP kann als eine spannungsgesteuerte Spannungsquelle modelliert werden (siehe Ersatzschaltung rechts). Dabei ist R_E der Eingangswiderstand (Größenordnung $100k\Omega$) und R_i der Ausgangsinnenwiderstand des OP (Größenordnung 100Ω).

Durch die äußere Beschaltung mit den Widerständen R_1 und R_2 bekommt die Gesamtschaltung eine definierte, exemplarunabhängige Verstärkung $V = U_a/U_e$, die nur von R_1 und R_2 abhängig ist.

2.1 Vorbereitung

2.1.1 Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild des Elektrometerverstärkers unter Verwendung der OP-Gleichspannungs-Ersatzschaltung.

2.1.2 Berechnen Sie allgemein die Verstärkung $V = U_a/U_e$ für $R_E \rightarrow \infty$ und $R_i \rightarrow 0$.

2.1.3 Dimensionieren Sie die Widerstände R_1 und R_2 so, dass eine Verstärkung der Gesamtschaltung von $V = 10$ erzielt wird. Dabei sollte $R_E \gg R_1$ und $R_2 \gg R_i$ eingehalten werden.

2.2 Simulationen

2.2.1 Erstellen Sie den unter 2.1 gezeichneten Schaltplan in PSpice. Benutzen Sie für den OP eine *voltage-controlled voltage source* (siehe Library *analog.slb*, part *E*). Weisen Sie den Bauteilen ihre unter 2.1.3 berechneten Werte zu. Wählen Sie als Eingangsspannung U_e eine DC-Spannungsquelle von $1V$.

2.2.2 Simulieren Sie die Schaltung für eine Eingangsspannung U_e von $0V$ bis $1V$.

Stellen Sie nach der Simulation unter *probe* die Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsspannung dar.

Welche Verstärkung hat die Gesamtschaltung?

Vergleichen Sie die simulierten mit den vorberechneten theoretischen Werten. Worin sind evtl. Unterschiede begründet?

2.2.3 Messen Sie den Eingangswiderstand $R_{in} = U_e/I_e$ der Schaltung.

2.2.4 Verändern Sie nun die Elemente des OP (V_u , R_E und R_i) und simulieren Sie erneut. Wie weichen die theoretisch berechneten Werte der Gesamtverstärkung von den Messergebnissen ab, wenn

a) die OP-Verstärkung $V_u < 100$ ist?

b) die Randbedingungen $R_E \gg R_1$ und $R_2 \gg R_i$ für die Widerstände nicht erfüllt sind?