

1 Exponenzierer

1.1 Allgemeines

Der Exponenzierer dient dazu, eine exponentiell verlaufende Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e zu erzeugen. Um den exponentiellen Verlauf zu erhalten wird die Charakteristik der Dioden- oder Transistorkennlinie ausgenutzt.

1.2 Einfacher e-Funktionsgenerator

Für die Diodenkennlinie gilt:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{U_{AK}}{nU_T}} - 1 \right)$$

Der Sättigungsperrstrom I_S ist vernachlässigbar klein. Somit kann die Diodengleichung vereinfacht werden zu:

$$I_D = I_S e^{\frac{U_{AK}}{nU_T}}$$

Um diesen exponentiellen Verlauf auszunutzen wird ein Operationsverstärker (OPV) verwendet. In Abb. 1.a ist ein einfacher e-Funktionsgenerator dargestellt. In den invertierenden Eingang des OPV fließt kein Strom rein. Über der Diode und den Widerstand fließt somit der selbe Strom ($I_D = I_R$). Aus der Maschenregel ergibt sich für die Eingangsspannung $U_e = U_{AK}$. Für die Ausgangsspannung gilt:

$$U_a = -U_R = -I_D R = -I_S R e^{\frac{U_e}{nU_T}}$$

Die Ausgangsspannung verhält sich exponentiell in Abhängigkeit der Eingangsspannung. Ein Nachteil dieser Schaltung ist, dass der nicht konstante Korrekturfaktor $n = [1, \dots, 2]$ die Genauigkeit der Kennlinie beeinflusst. Um den Korrekturfaktor zu entfernen kann anstatt der Diode ein npn-Transistor verwendet werden (Abb. 1b).

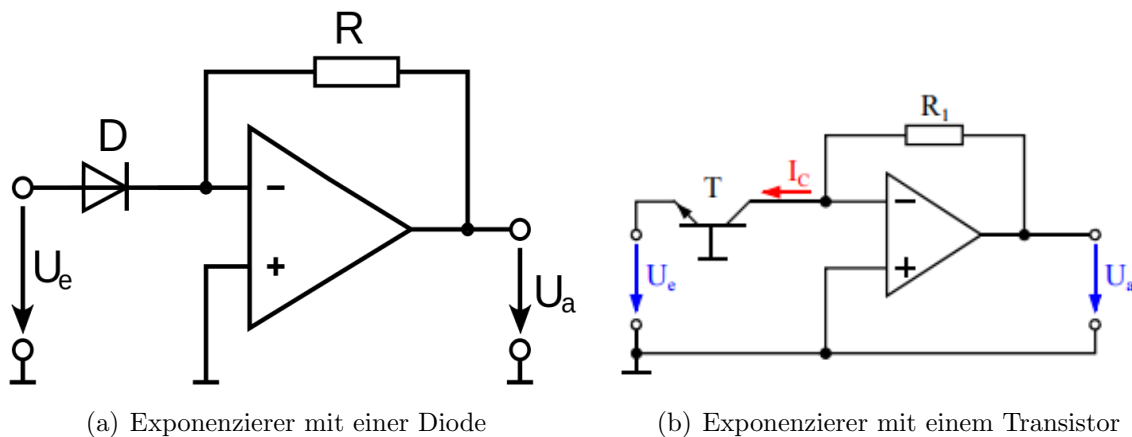


Abbildung 1: Einfacher e-Funktionsgenerator

Auch hier gilt für den Sättigungssperrstrom $I_{SC} \ll I_C$. Der Kollektorstrom ist somit:

$$I_C = I_{CS} e^{\frac{U_{BE}}{U_T}}$$

Es muss eine negative Eingangsspannung anliegen. Der Strom I_C fließt auch über den Widerstand R_1 . Aus der Maschengleichung kann die Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Eingangsspannung bestimmt werden.

$$U_a = I_{CS} R_1 e^{-\frac{U_e}{U_T}}$$

Ein Nachteil des einfachen e-Funktionsgenerators ist, die starke Temperaturabhängigkeit. Bei einer Temperaturerhöhung von $20^\circ C$ auf $50^\circ C$ nimmt die Temperaturspannung U_T um 10% zu. Der Sättigungssperrstrom wird verzehnfacht. Um diesen Einfluss zu verhindern wird die Schaltung erweitert. In Abb. 2 ist ein Temperaturkompensierter e-Funktionsgenerator dargestellt.

1.3 Temperaturkompensierter e-Funktionsgenerator

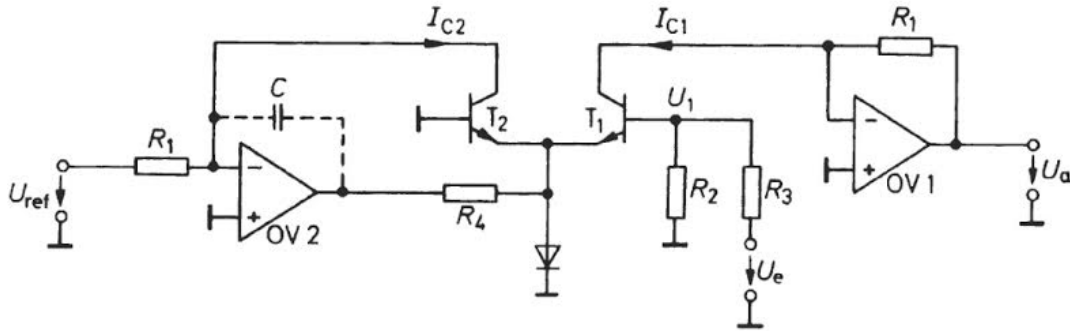


Abbildung 2: Temperaturkompensierter e-Funktionsgenerator

Zwei gematchte npn-Transistoren sorgen für den exponentiellen Verlauf der Ausgangsspannung. Mit dem Verhältnis der Kollektorströme I_{C1} , I_{C2} und der Maschengleichung $U_1 = U_{BE1} - U_{BE2}$ lässt sich der Sättigungssperrstrom eliminieren.

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{U_1}{U_T}}$$

Weiterhin gilt:

$$I_{C1} = \frac{U_a}{R_1} \quad I_{C2} = \frac{U_{ref}}{R_1} \quad U_1 = \frac{R_2}{R_3 + R_2} U_e$$

Daraus folgt, für die Ausgangsspannung:

$$U_a = U_{ref} e^{\frac{R_2}{R_3 + R_2} \cdot \frac{U_e}{U_T}}$$

Die Ausgangsspannung ist nicht mehr von dem Sättigungssperrstrom Abhängig. Eine kleine Temperaturabhängigkeit besteht immer noch wegen der Temperaturspannung U_T .