

# 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:

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

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).

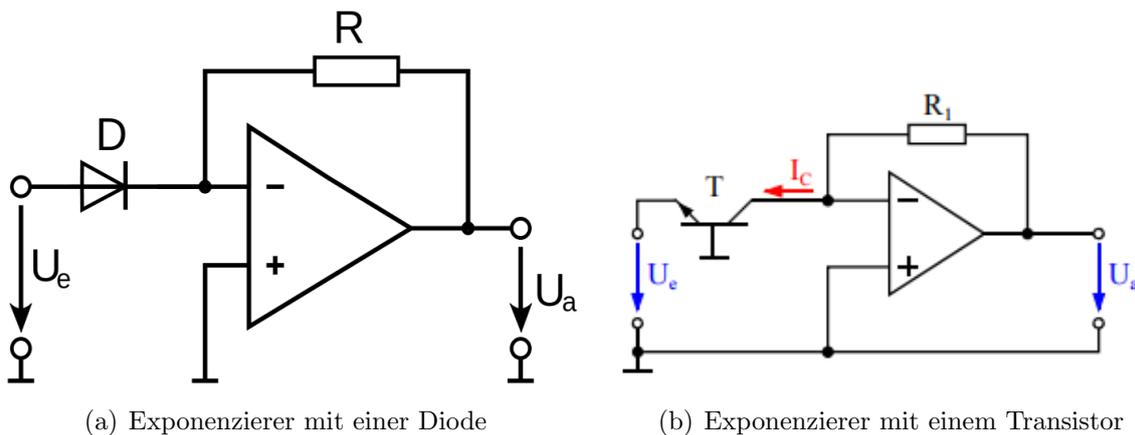


Abbildung 1: Einfacher e-Funktionsgenerator

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

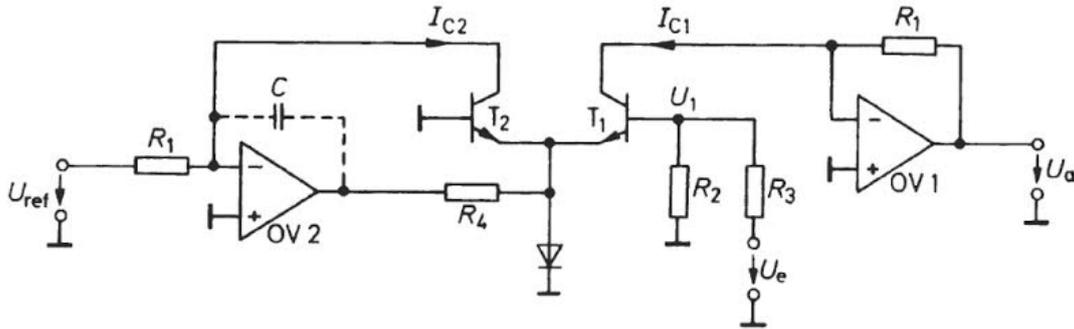


Abbildung 2: Temperaturkompensierter e-Funktionsgenerator

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  $U_T$ .