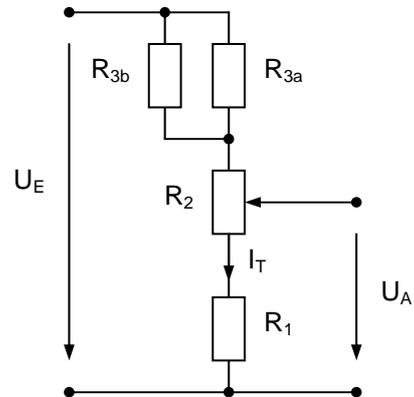


## Einstellbarer Spannungsteiler mit Potentiometer

### Problemstellung:

Eine in der Praxis sehr häufig vorkommende Aufgabenstellung ist es, einen Spannungsteiler zu entwerfen, dessen Teilungsverhältnis in einem kleinen Bereich rund um einen Sollwert einstellbar ist. Ein typischer Fall ist die Justierung von Messgeräten, Verstärkern usw., wo durch Einstellen eines Trimpotentiometers die Toleranzen anderer Bauteile kompensiert werden.



### Die Schaltung

Wenn wir zur Spannungsteilung ausschließlich ein Potentiometer nehmen würden, dann wäre die Ausgangsspannung  $U_A$  zwischen 0 und der Eingangsspannung  $U_E$  einstellbar. Dies ist aber nicht immer erwünscht, da der Einstellbereich größer als sinnvoll sein kann und die Justierung daher sehr viel Geschicklichkeit erfordert. Wir werden daher den Einstellbereich des Potentiometers  $R_2$  durch Festwiderstände  $R_1$  und  $R_3$  einschränken.

Falls die Reihe E12 sich für die Festwiderstände als zu grob erweisen sollte, können Widerstandskombinationen wie z.B. Parallelschaltungen in Betracht gezogen werden. In vielen Fällen genügt es, nur jenen Widerstand, an dem die größere Spannung abfällt, als Parallelschaltung auszuführen.

### Die Dimensionierung

Wir wollen nun die Dimensionierung anhand eines Beispiels besprechen:

$$U_E = 10 \text{ V}$$

$$U_A = 2 \text{ V}$$

Einstellbereich von  $U_A$ :  $\pm 0,25 \text{ V}$

Festwiderstände: Reihe E12

Potentiometer: Wertefolge 1, 2, 5, 10... .

Der Teilerstrom  $I_T$  soll ungefähr 1 mA betragen.

Verwenden Sie für  $R_3$  eine Parallelschaltung zweier Widerstände  $R_{3a}$  und  $R_{3b}$ .

Versuchen Sie den Einstellbereich von  $U_A$  möglichst genau zu treffen. Er soll zumindest  $\pm 0,24 \text{ V}$  betragen, höchstens aber  $\pm 0,26 \text{ V}$ .

### Potentiometer $R_2$

Da Potentiometer nur mit einer größeren Wertestufung (1, 2, 5, 10...) erhältlich sind als Festwiderstände, beginnen wir unsere Dimensionierung mit  $R_2$ . Der Einstellbereich von  $U_A$  ist mit  $\pm 0,25 \text{ V}$  angegeben, d. h. dass an  $R_2$  eine Spannung von 0,5 V liegen soll. Bei einem gewünschten Teilerstrom  $I_T$  von 1 mA ergibt sich  $R_2 = 500 \Omega$ . (Beachten Sie, dass der wirklich erreichte  $I_T$  von seinem Vorgabewert von 1 mA etwas abweichen kann. Im Moment

arbeiten wir noch mit dem Vorgabewert, da wir den echten  $I_T$  erst kennen werden, wenn wir alle Widerstände dimensioniert haben.)

### Widerstand $R_1$

Nun wenden wir uns dem Widerstand zu, an dem die kleinere Spannung abfällt. Die Spannung an ihm ist genauso groß wie die kleinstmögliche Ausgangsspannung  $U_{A,\min}$  (Potentiometer ganz nach unten gestellt), d. h.  $2\text{ V} - 0,25\text{ V} = 1,75\text{ V}$ . Mit einem Teilerstrom  $I_T$  von  $1\text{ mA}$  ergibt sich  $R_1 = 1750\ \Omega \stackrel{E12}{\Rightarrow} 1\text{ k}\Omega$ .

### Widerstand $R_3$

Nun wenden wir uns dem Widerstand zu, an dem die größere Spannung abfällt. Wir werden ihn durch eine Parallelschaltung der Widerstände  $R_{3a}$  und  $R_{3b}$  verwirklichen.

Mit welcher Überlegung finden wir  $R_3$ ? Bei der Dimensionierung von  $R_2$  und  $R_1$  haben wir mit dem Teilerstrom  $I_T$  gearbeitet, den wir aber noch gar nicht wirklich kennen. Wir wollen daher bei  $R_3$  mit einer Überlegung arbeiten, die ohne  $I_T$  auskommt.

Wenn wir den Potentiometer in die Mitte stellen, dann soll die Ausgangsspannung  $U_A$  möglichst genau in der Mitte des Einstellbereichs sein, d.h.  $U_A = 2\text{ V}$ . Dann fällt am unteren Teil des Teilers ( $R_1 + R_2/2$ ) die Spannung  $U_A = 2\text{ V}$  und am oberen Teil des Teilers ( $R_2/2 + R_3$ ) die Spannung  $(U_E - U_A) = 8\text{ V}$  ab.

Aus

$$\frac{\frac{R_2}{2} + R_3}{R_1 + \frac{R_2}{2}} = \frac{U_E - U_A}{U_A}$$

erhalten wir:

$$R_3 = \frac{U_E - U_A}{U_A} \cdot \left( R_1 + \frac{R_2}{2} \right) - \frac{R_2}{2} = \frac{10\text{ V} - 2\text{ V}}{2\text{ V}} \cdot \left( 1,8\text{ k}\Omega + \frac{500\ \Omega}{2} \right) - \frac{500\ \Omega}{2} = 7950\ \Omega$$

Dies ist nun der Sollwert von  $R_3$ ,  $R_{3,\text{soll}}$  den so gut wie möglich durch eine Parallelschaltung zweier E12-Widerstände annähern sollen.

Bei Anwendung der bekannten Regel zur Auffindung passender Widerstandswerte erhalten wir für die benachbarten Werte:

$$\begin{aligned} R_{3a} \parallel R_{3b} &= 8\text{ k}\Omega \parallel 270\text{ k}\Omega = 7958,3\ \Omega \leftarrow \text{gewählt} \\ R_{3a} \parallel R_{3b} &= 8\text{ k}\Omega \parallel 220\text{ k}\Omega = 7905,3\ \Omega \end{aligned}$$

$7958,3\ \Omega$  liegt näher am Sollwert von  $7950\ \Omega$  und wird daher für die weitere Rechnung gewählt.

### $I_T$ , $U_{A,\min}$ und $U_{A,\max}$

$I_T$  erhalten wir aus  $I_T = U_E / (R_1 + R_2 + R_3) = 10\text{ V} / (1800\ \Omega + 500\ \Omega + 7958,3) = 0,9748\text{ mA}$ , wobei wir für  $R_3$  jenen Wert einsetzen, der sich aus der von uns gewählten Parallelschaltung ergibt.

## Einstellbarer Spannungsteiler mit Potentiometer

Mit diesem „echten“ Wert von  $I_T$  berechnen wir nun die minimale Ausgangsspannung  $U_{A,\min}$  und die maximale Ausgangsspannung  $U_{A,\max}$ :

$$U_{A,\min} = I_T \cdot R_1 = 0,9748 \text{ mA} \cdot 1800 \text{ } \Omega = 1,755 \text{ V}$$

$$U_{A,\max} = I_T \cdot (R_1 + R_2) = 0,9748 \text{ mA} \cdot (1800 \text{ } \Omega + 500 \text{ } \Omega) = 2,242 \text{ V}$$

Zum Schluss noch die Zusammenstellung der Resultate:

Größe	Wert
$R_2$	500 $\Omega$
$R_1$	1800 $\Omega$
$R_{3,\text{soll}}$	7950 $\Omega$
$R_{3a}$	8200 $\Omega$
$R_{3b}$	270000 $\Omega$
$R_3 = (R_{3a} \parallel R_{3b})$	7958,3 $\Omega$
$I_T$	0,9748 mA
$U_{A, \text{min.}}$	1,755 V
$U_{A, \text{max.}}$	2,242 V

### Nur Übung macht den Meister!

Berechnen Sie einen Teiler mit folgenden Daten:

$$U_E = 12 \text{ V}$$

$$U_A = 4 \text{ V}$$

Einstellbereich von  $U_A$ :  $\pm 0,5 \text{ V}$

Der Teilerstrom  $I_T$  soll ungefähr 1 mA betragen.

Versuchen Sie den Einstellbereich von  $U_A$  möglichst genau zu treffen. Er soll zumindest  $\pm 0,45 \text{ V}$  betragen, höchstens aber  $\pm 0,55 \text{ V}$ .

Tragen Sie ihre Ergebnisse in diese Tabelle ein:

Größe	Wert
$R_2$	
$R_1$	
$R_{3,\text{soll}}$	
$R_{3a}$	
$R_{3b}$	
$R_3 = (R_{3a} \parallel R_{3b})$	
$I_T$	
$U_{A, \text{min.}}$	
$U_{A, \text{max.}}$	

**Zur Erinnerung:** Reihe E12: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, 100, ...

**Viel Erfolg!**

**Lösung:**

<b>Größe</b>	<b>Wert</b>
$R_2$	1000 $\Omega$
$R_1$	3300 $\Omega$
$R_{3,\text{soll}}$	7100 $\Omega$
$R_{3a}$	8200 $\Omega$
$R_{3b}$	56000 $\Omega$
$R_3 = (R_{3a} \parallel R_{3b})$	7152,7 $\Omega$
$I_T$	1,048 mA
$U_{A, \text{min.}}$	3,458 V
$U_{A, \text{max.}}$	4,506 V