



Fakültät zur Ingenieurwissenschaft  
Elektrotechnik

## BJT Emitterschaltung

Hakan ONAY

# 1) Einführung

Die Emitterschaltung ist eine Universal-Verstärkerschaltung, die im niederfrequenten Bereich (NF) zur Erzeugung sehr hoher Spannungsverstärkungen genutzt wird. Doch bei hohen Frequenzen macht sich die Frequenzabhängigkeit der Schaltung bemerkbar. Steigt die Frequenz, sinkt die Verstärkung. Aus diesem Grund wird die Emitterschaltung nur mit kleiner Spannungsverstärkung betrieben. Weil der Transistor temperaturabhängig ist und sich der Arbeitspunkt mit der Temperatur verändert, wird die Emitterschaltung mit Arbeitspunktstabilisierung durch Stromgegenkopplung betrieben. Die Emitterschaltung wird gerne auch zur Ansteuerung von Gegentakt-Endstufen verwendet.

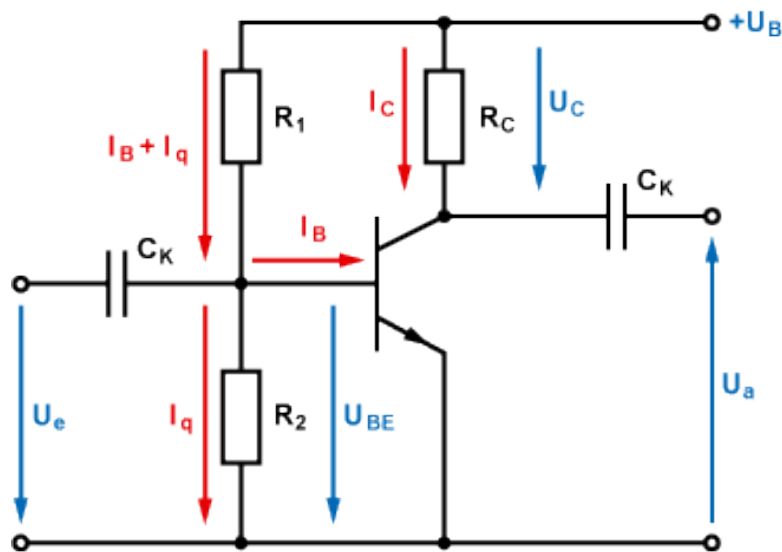


Abbildung 1 : Grundschriftung der Emitterschaltung mit Ströme und Spannungen

Die Emitterschaltung besteht im wesentlichen aus einem Transistor, dem Kollektorwiderstand  $R_C$ , der Eingangssignalquelle  $U_e$  mit dem Basis-Vorwiderstand  $R_V$  oder einem Spannungsteiler ( $R_1$  und  $R_2$ ) und der Betriebsspannung  $+U_B$ . Der Kollektoranschluss des Transistors ist der Ausgang für die Ausgangsspannung  $U_a$ . Der Emitteranschluss ist der gemeinsame Bezugspunkt von Eingangs- und Ausgangsspannung. Deshalb wird diese Schaltung Emitterschaltung genannt.

Hinweis zum Arbeitspunkt: Diesen kann man durch die Wahl von  $R_C$  und  $R_V$  optimieren in Funktion der Stromverstärkung (Exemplarstreuung und temperaturempfindlich), wenn die Umgebungstemperatur stabil ist. Die Kollektor-Emitterspannung ist davon abhängig.

## 2) Aufgabenstellung

In diesem Versuch wurde zwei Emitterschaltungen, die von 2 verschiedenen Transistoren entsteht, analysiert.

Während Analyse betrachtet man auf Transistorströme, Transistorspannungen und Datasheets von Transistoren. Durch die gefundenen Werte untersucht man das Kleinsignalverhältnis der Schaltungen. Nach diesem Schritt fand man Spannungsverstärkungen im Simulation, auch rechnerisch.

## 3) Simulation und Berechnungen

### Teil I : Schaltungen ohne Stromgegenkopplung

#### 1) Die Analyse von 2N2369 Transistor

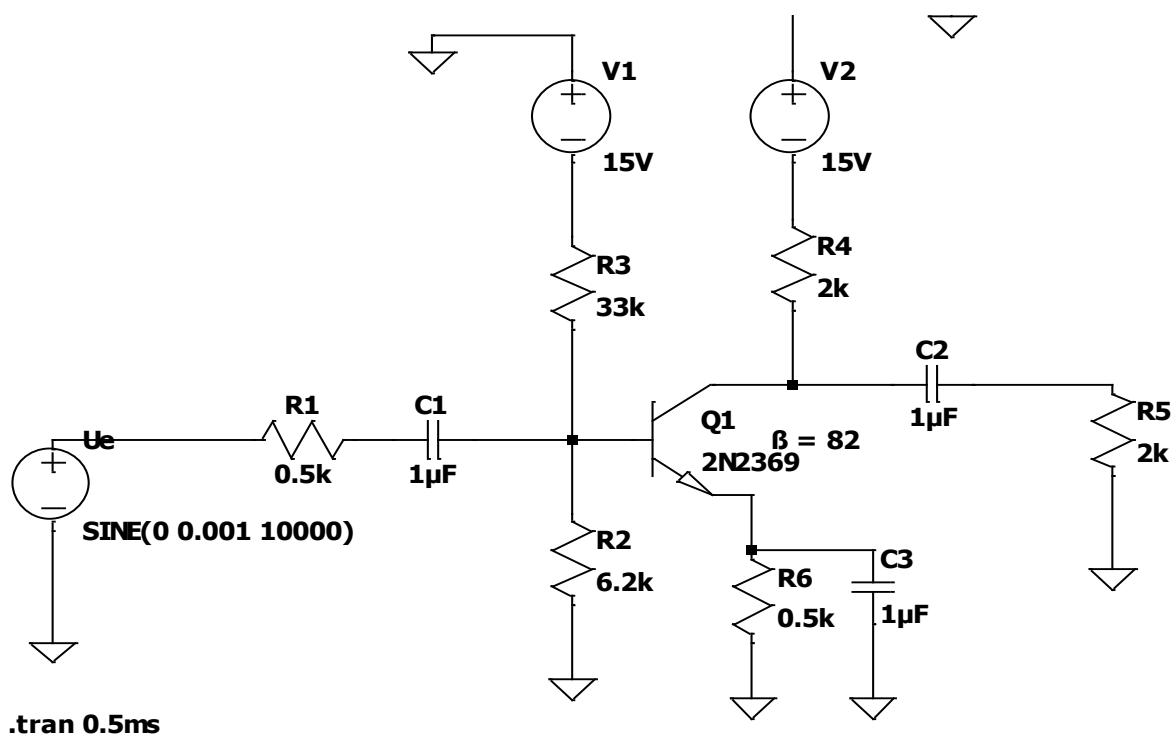


Abbildung 2 : Schaltbild der Versuchsanordnung für 2N2369

a) Rechnerische Analyse :

$$U_B = 15 - 5,22k \cdot \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$U_E = I_E \cdot 0,5k$$

$$U_B = U_E + 0,7$$

$$15 - 0,7 = 500I_E + \frac{5220I_E}{83}$$

$$\frac{14,3}{500 + \frac{5220}{83}} = I_E$$

$$I_E = 25mA ; I_B = 0,3mA ; I_C = 24,7mA$$

$$U_E = 12,5V ; U_B = 13,43V ; U_C = -34,4V$$

Kleinsignal Parametern :

$$r_\pi = \frac{U_T}{I_B} = \frac{25mV}{0,3mA} = 83,3\Omega$$

$$r_0 = \frac{|U_A|}{I_C} = \frac{35,3V}{24,7mA} = 1429\Omega$$

Spannungsverstärkung :

$$U_E = ((83,3 // 5,22k) + 0,5k) \cdot I_b$$

$$U_A = (1429 // 2k) \cdot -I_b \cdot \beta$$

$$A_v = \frac{U_A}{U_E} = -\beta \cdot \frac{833,48}{582} = -117,43(v / v)$$

b) Simulation :

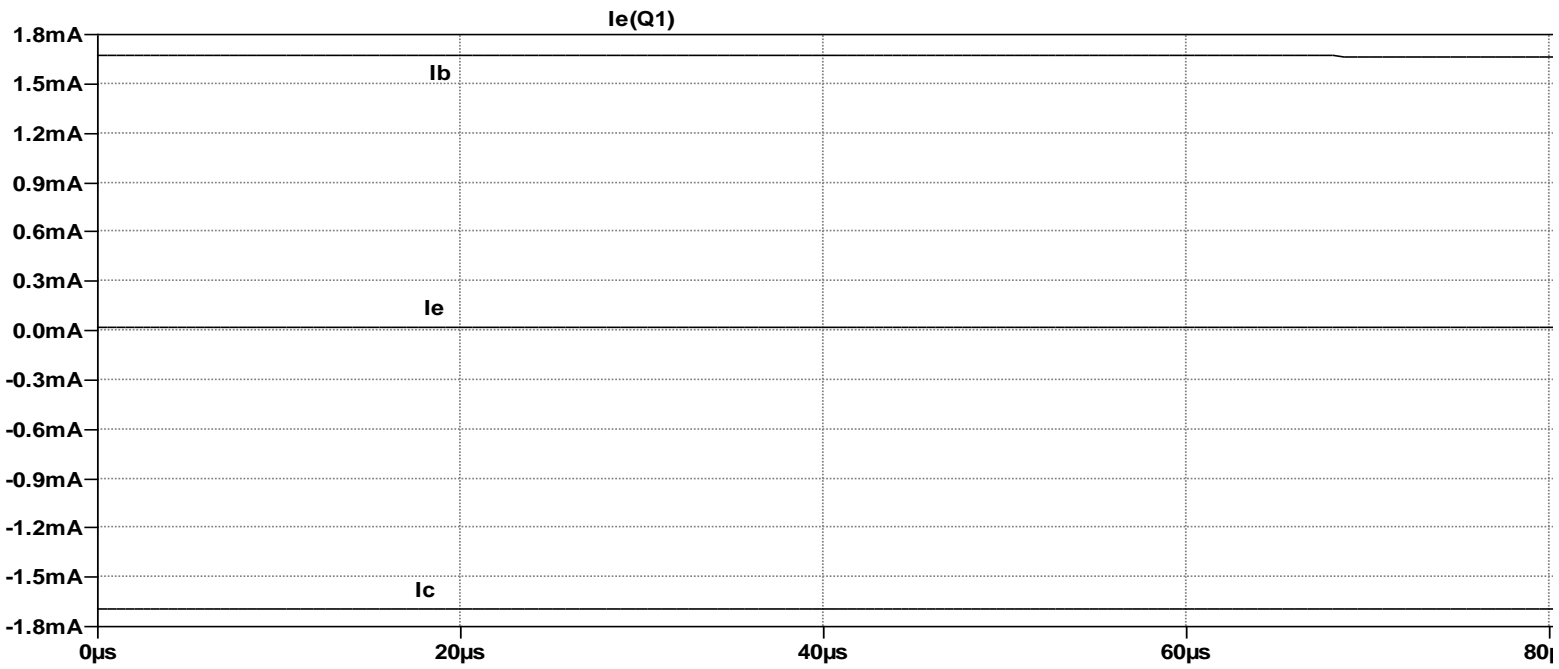


Abbildung 3 : 2N2369 Ströme nach Simulationsergebnisse

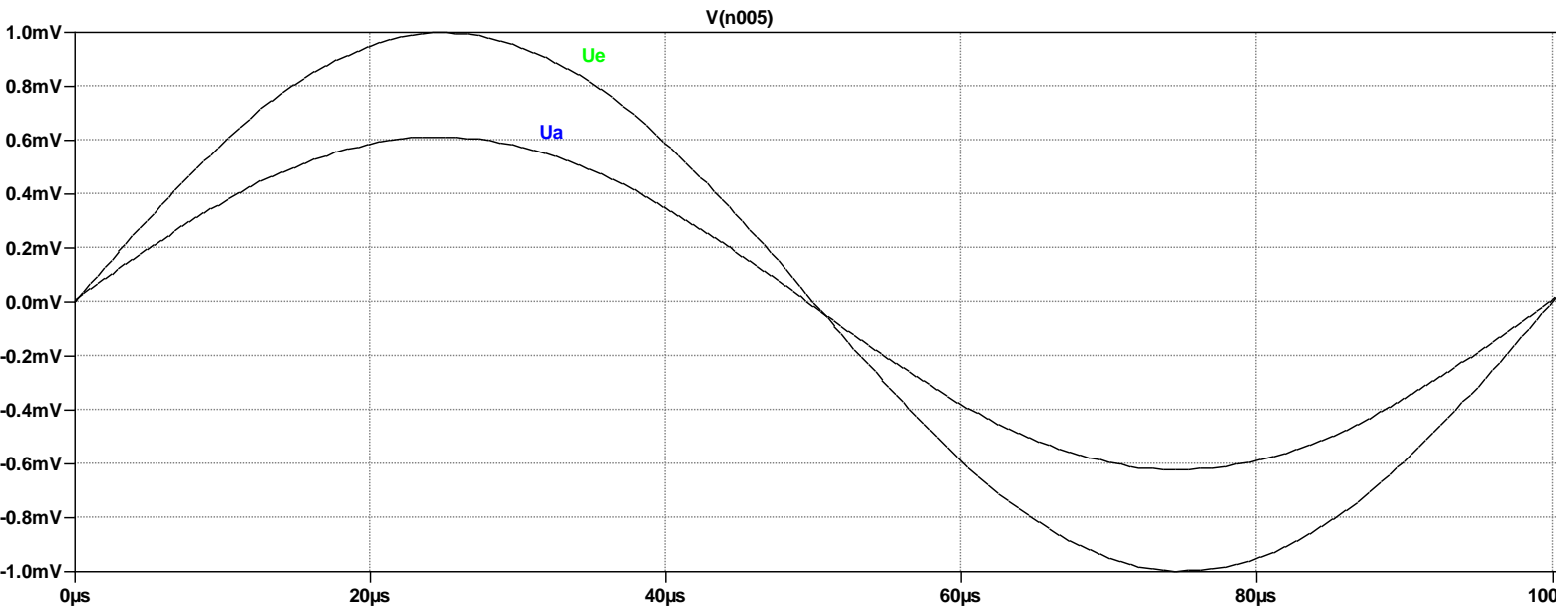


Abbildung 4 : 2N2369 Ua-Ue Kurven

2N2369 Ströme	$I_b$	$I_c$	$I_e$
Gerechnet	300 $\mu A$	24,7 mA	25 mA
Simulation	1660 $\mu A$	-1681 mA	21.08 $\mu A$

Tabelle 1 : Vergleichung die Ergebnisse von Transistorströme der 2N2369

2N2369 Verstärkung	$A_v$ (V/V)
Gerechnet	-117,43
Simulation	-600

Tabelle 2 : Vergleichung die Ergebnisse von Spannungsverstärkung der 2N2369

## 2) Die Analyse von 2N5550 Transistor

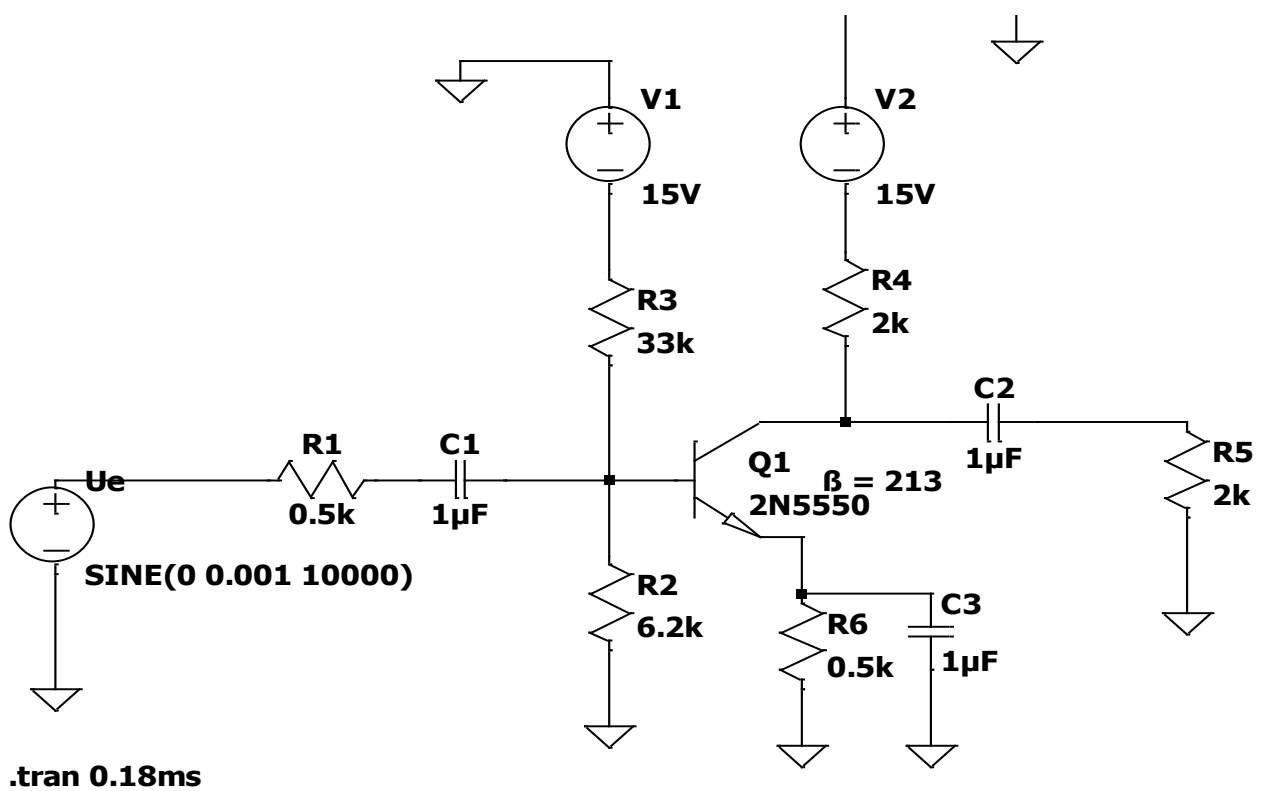


Abbildung 5 : Schaltbild der Versuchsanordnung für 2N5550

a) Rechnerische Analyse :

$$U_B = 15 - 5,22k \cdot \frac{I_e}{\beta + 1}$$

$$U_E = I_E \cdot 0,5k$$

$$U_B = U_E + 0,7$$

$$15 - 0,7 = 500I_E + \frac{5220I_E}{214}$$

$$\frac{14,3}{500 + \frac{5220}{214}} = I_E$$

$$I_E = 27mA ; I_B = 0,126mA ; I_C = 26,87mA$$

$$U_E = 13,5V ; U_B = 14,34V ; U_C = -38,748V$$

Kleinsignal Parametern :

$$r_\pi = \frac{U_T}{I_B} = \frac{25mV}{0,126mA} = 198,4\Omega$$

$$r_0 = \frac{|U_A|}{I_C} = \frac{35.3V}{26,87mA} = 3721,6\Omega$$

Spannungsverstärkung :

$$U_E = ((198,4 // 5.22k) + 0,5k) \cdot I_b$$

$$U_A = (3721,6 // 2k) \cdot -I_b \cdot \beta$$

$$A_v = \frac{U_A}{U_E} = -213 \cdot \frac{1300,89}{691,135} = -401(v / v)$$

## b) Simulation

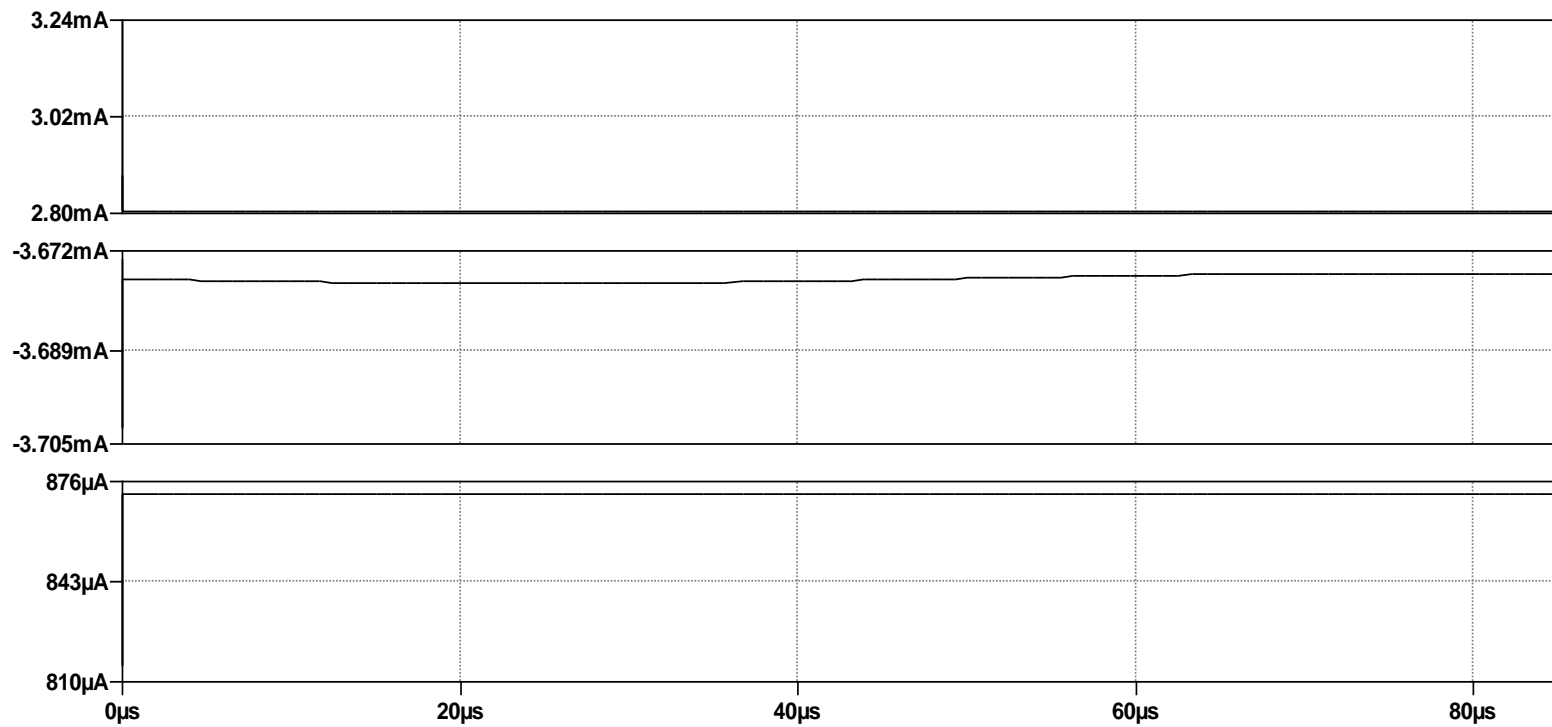


Abbildung 6 : 2N5550 Ströme nach Simulationsergebnisse

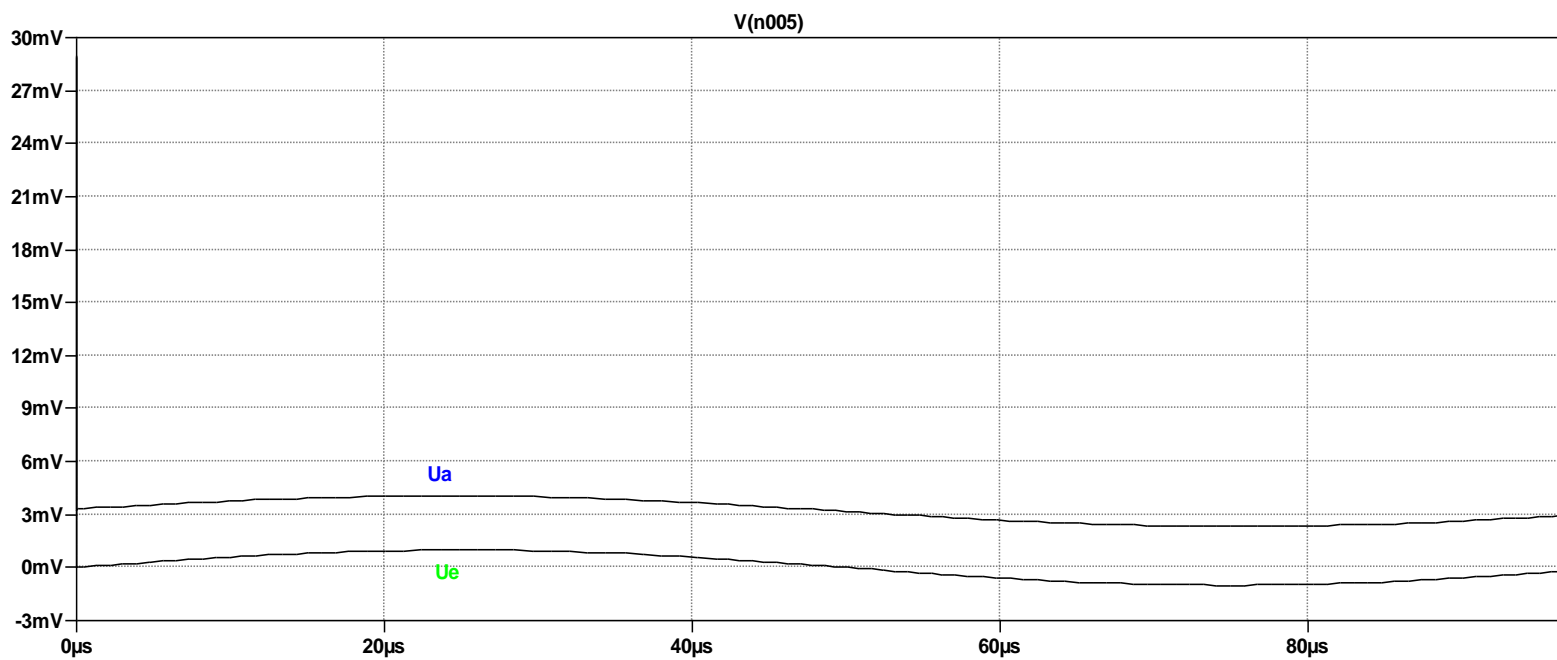


Abbildung 7: Ua-Ue Kurven von 2N5550 nach Simulationsergebniss



<i>2N5550 Ströme</i>	<i>I<sub>b</sub></i>	<i>I<sub>c</sub></i>	<i>I<sub>e</sub></i>
<i>Gerechnet</i>	<i>0,126 mA</i>	<i>26,87 mA</i>	<i>27 mA</i>
<i>Simulation</i>	<i>870 μA</i>	<i>-3,6 mA</i>	<i>2,8mA</i>

*Tabelle 3 : Vergleichung die Ergebnisse von Transistorströme der 2N5550*

<i>2N5550 Verstärkung</i>	<i>A<sub>v</sub> (V/V)</i>
<i>Gerechnet</i>	<i>-401</i>
<i>Simulation</i>	<i>-40</i>

*Tabelle 4 : Vergleichung die Ergebnisse von Spannungsverstärkung der 2N5550*

## Teil II : Schaltungen mit Stromgegenkopplung

### 1) Die Analyse von 2N2369 Transistor

#### a) Rechnerische Analyse

$$R_e = [ r_{\pi} + \beta \cdot R_E // 5,22k ] + 0,5k$$

$$R_a = 2k // r_0$$

$$\frac{U_A}{U_e} = -\beta \frac{833,47}{5100} = -14(v / v)$$

## b) Simulation

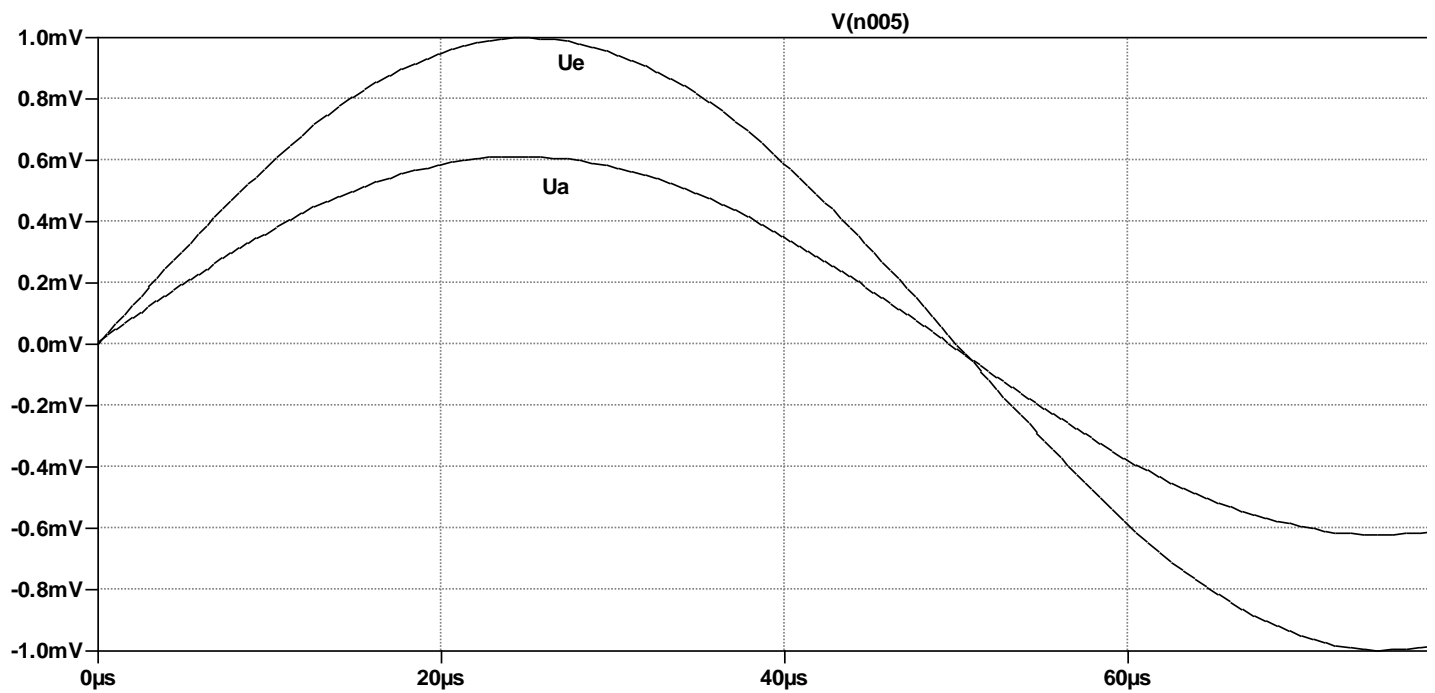


Abbildung 8:  $U_a$ - $U_e$  Kurven von 2N2369 mit Stromgegenkopplung nach Simulationsergebniss

2N2369 Verstärkung	$A_v$ (V/V)
Gerechnet	-14
Simulation	-580

Tabelle 5 : Vergleichung die Ergebnisse von Spannungsverstärkung mit Stromgegenkopplung der 2N2369

## 2) Die Analyse von 2N5550 Transistor

### a) Rechnerische Analyse

$$R_e = [r_{\pi} + \beta \cdot R_E // 5,22k] + 0,5k$$

$$R_a = 2k // r_0$$

$$\frac{U_A}{U_e} = -213 \frac{1300,89}{3997} = -75(v / v)$$

### b) Simulation

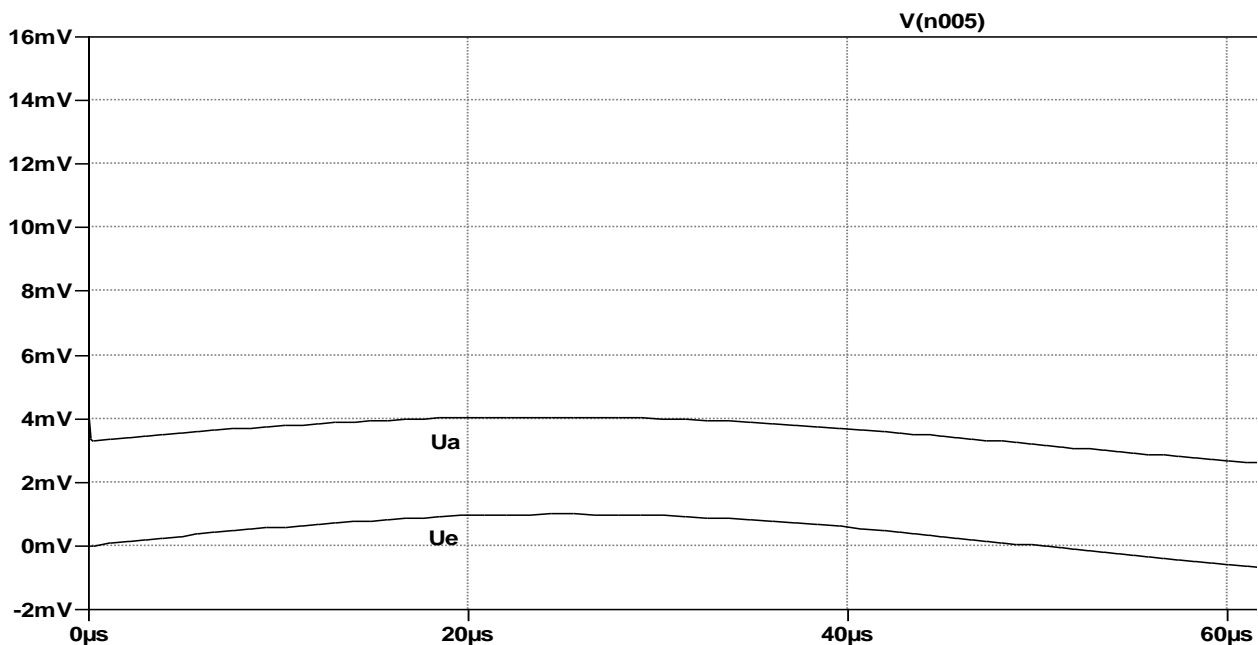


Abbildung 8:  $U_a$ - $U_e$  Kurven von 2N5550 mit Stromgegenkopplung nach Simulationsergebniss

2N5550 Verstärkung	$A_v$ (V/V)
Gerechnet	-75
Simulation	-540

Tabelle 6 : Vergleichung die Ergebnisse von Spannungsverstärkung mit Stromgegenkopplung der 2N5550

Grundsätzlich mit Stromgegenkopplung ist es zu betrachten :

- $R_e = r_\pi + \beta R_E$  mit  $\beta = g_m r_\pi$  eine Erhöhung von  $1 + g_m R_E$  (größer  $R_e$ )
- $A_v = - \frac{g_m R_e}{1 + g_m R_E}$  eine Verminderung um  $-\frac{1}{1 + g_m R_E}$
- $A_v$  ist weniger abhängig von  $\beta$ .
- $U_e$  kann um  $1 + g_m R_E$  größer werden.