



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Elektrotechnische Grundlagen der Informatik (LU 182.692)

Protokoll der 3. Laborübung: "Operationsverstärker" a) LTSPICE-Simulationen

Gruppennr.: 22

Datum der Laborübung: 01.06.2017

Matr. Nr.	Kennzahl	Name
1614835	033 535	Jan Nausner
1633068	033 535	David Pernerstorfer

Kontrolle	✓
Nichtinvertierender OPV	
OPV und Grenzfrequenz	
Invertierender OPV	
Integrierer	
Schmitt-Trigger	

Contents

1	Nichtinvertierender Verstärker	3
2	Invertierender Verstärker	3
3	Integrierer	3
4	Invertierender Schmitt-Trigger	8

1 Nichtinvertierender Verstärker

1.1 Aufgabenstellung

Das Verhalten eines OPV als nichtinvertierender Verstärker soll mittels LTSpice simuliert werden.

1.2 Schaltplan

1.3 Durchführung

Mit LTSpice wird die Schaltung eines OPV als nichtinvertierender Verstärker aufgebaut. Die Spannungsverstärkung wird mit $V_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ berechnet und soll zwischen 40 und 60 liegen. Das bedeutet R_2 muss 41 bis 61 mal größer dimensioniert werden als R_1 . Gewählt wurden die Widerstände $R_1 = 22\Omega$ und $R_2 = 1k\Omega$. Nun wurde das Verhalten des Systems mit einer DC Eingangsspannung bzw. mit 2 verschiedenen Rechteckspannungen (siehe Angabe) simuliert und diverse Messungen durchgeführt (siehe Ergebnis & Diskussion).

1.4 Ergebnis & Diskussion

2 Invertierender Verstärker

2.1 Aufgabenstellung

2.2 Schaltplan

2.3 Durchführung

2.4 Ergebnis & Diskussion

3 Integrierer

3.1 Aufgabenstellung

Das Verhalten eines Integrierers soll im Zeit- und Frequenzbereich simuliert werden.

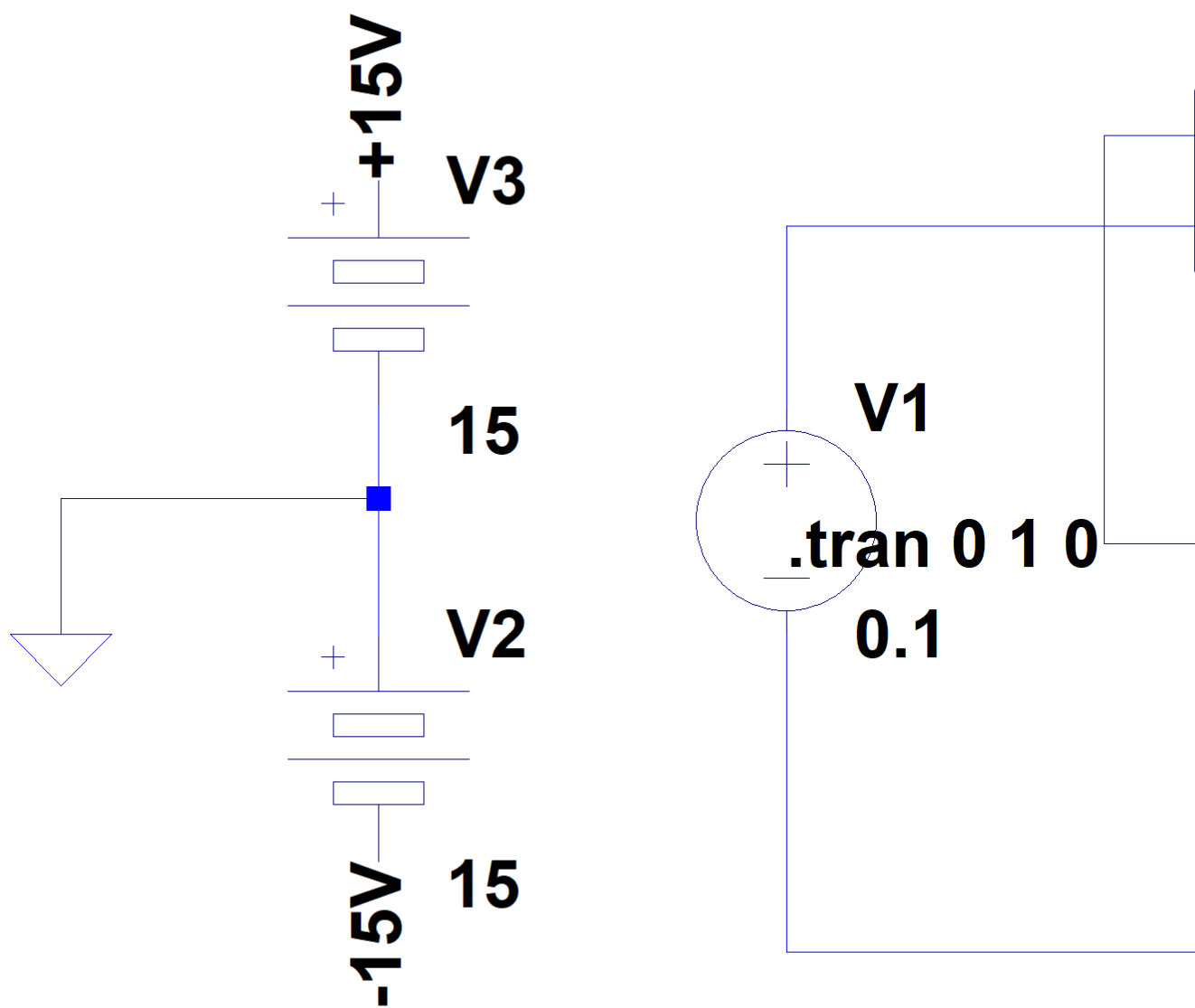


Figure 1: Nichtinvertierender Verstärker

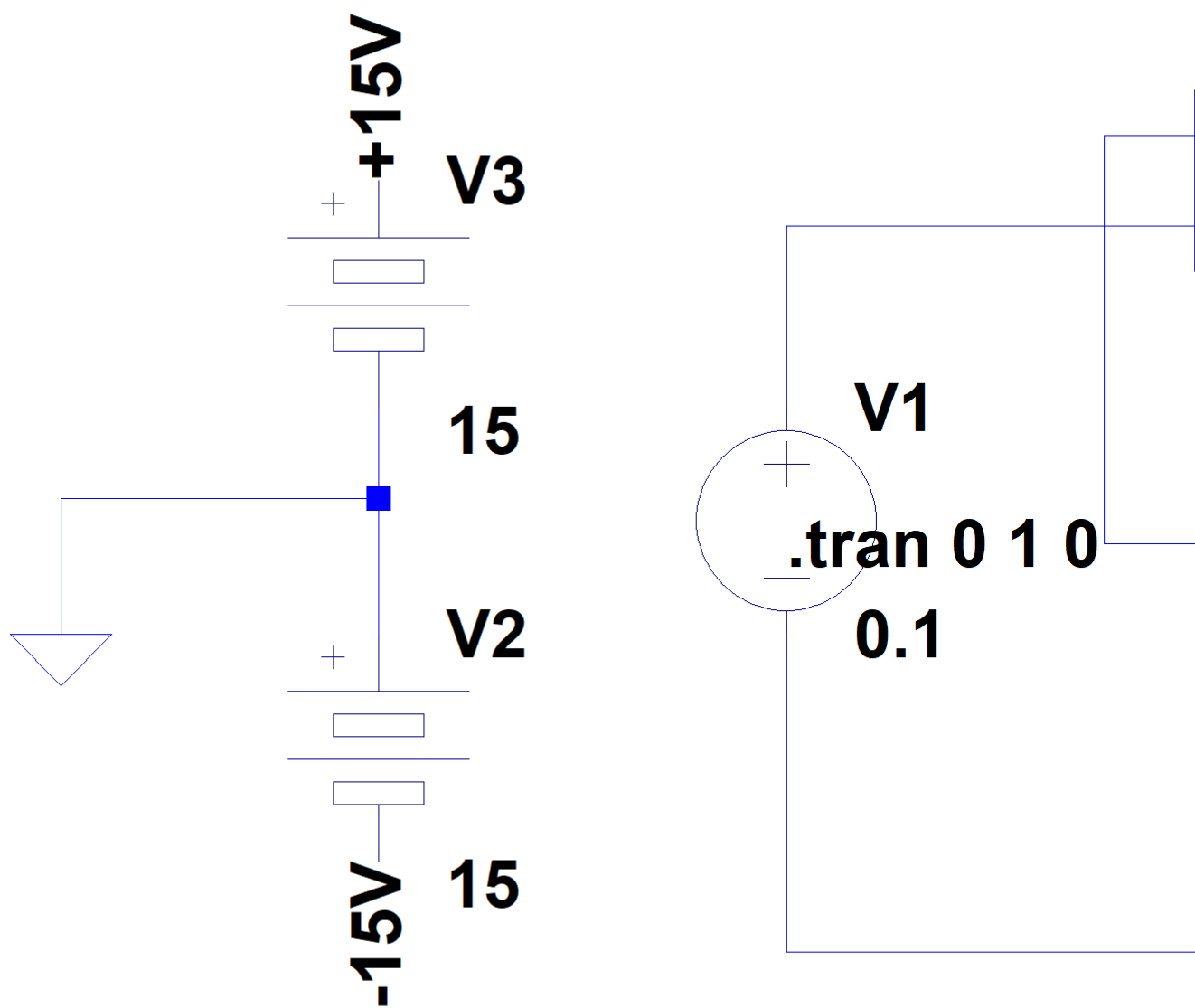


Figure 2: Nichtinvertierender Verstärker

3.2 Schaltplan

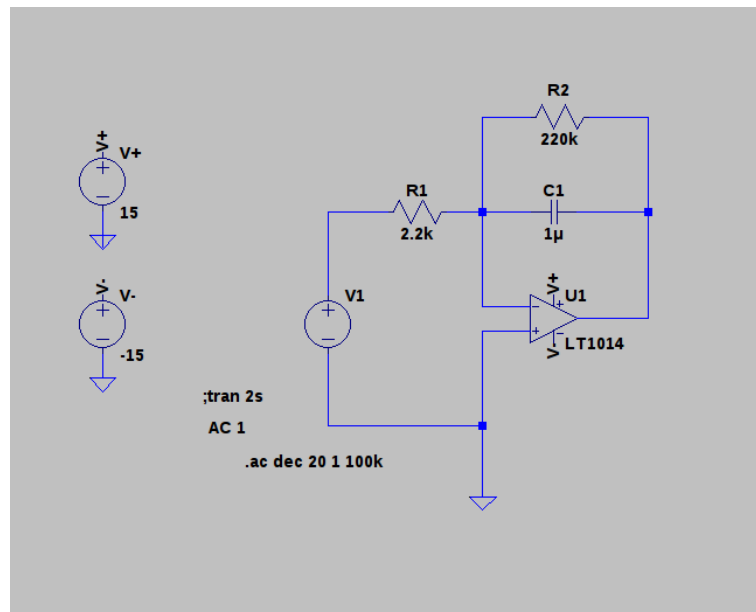


Figure 3: Integrierer

3.3 Durchführung

Die Schaltung wurde gemäß Angabe zusammengefügt. Die Versorgungsspannung des OPV (LT1014) beträgt $\pm 15V$. Um das Verhalten im Zeitbereich zu simulieren, wurde eine Rechteckspannung mit $f = 5Hz$, $A = \pm 0,1V$, $V_{initial} = -0,1V$ angelegt. Das Zeitverhalten wurde im Bereich von 0 bis $2s$ aufgezeichnet. Zur Simulation des Frequenzverhaltens wurde eine Sinusspannung mit $1V_{pp}$ angelegt und das Bode-Diagramm von $1Hz - 100kHz$ aufgezeichnet.

3.4 Ergebnis & Diskussion

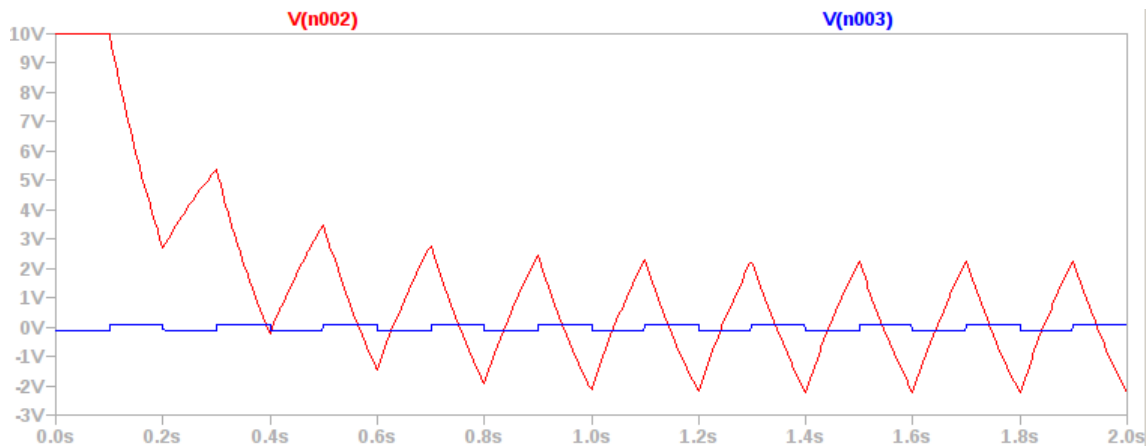


Figure 4: Zeitverhalten (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung)

Im Bereich von 0 bis 1s ist ein Einschwingvorgang zu erkennen, welcher auf das RC -Glied zurückzuführen ist. Da die Differenz der beiden OPV-Eingänge zu Beginn $-0,1V$ beträgt, übersteuert der OPV, die Differenz schlägt auf $0,1V$ um und der OPV versucht zu untersteuern, dann pendelt sich das Signal ein. Im eingeschwungenen Zustand wird das anliegende Rechtecksignal gemäß der Übertragungsfunktion

$$U_a = -\frac{1}{RC} \int U_e dt$$

zu einem Dreieckssignal mit

$$U_e < 0 : U_a = \frac{t}{10 \cdot RC} \approx 45,5 \cdot t, U_e > 0 : U_a = -\frac{t}{10 \cdot RC} \approx -45,5 \cdot t$$

integriert. TODO: Anfangsbedingung, V_{pp} !!!

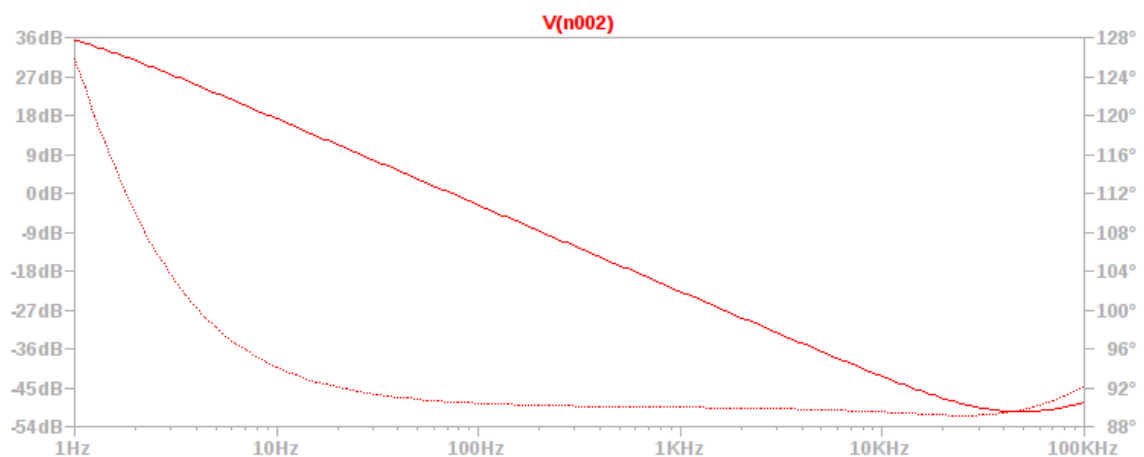


Figure 5: Bode-Diagramm

Am Frequenzverhalten kann man erkennen, dass das System bis zur Grenzfrequenz des RC -Glieds ($f_g = \frac{1}{2\pi RC} \approx 72Hz$) verstärkend wirkt und danach zu Dämpfen beginnt. Die Filtersteilheit beträgt $-20dB/Dekade$. Die Phase dreht zuerst sehr stark, dann immer schwächer von 126° auf 90° . Im Bereich über $40kHz$ beginnt die Phasenverschiebung wieder zu steigen und die Dämpfung wird schwächer.

4 Invertierender Schmitt-Trigger

4.1 Aufgabenstellung

Das Verhalten eines invertierenden Schmitt-Triggers soll im Zeitbereich simuliert werden.

4.2 Schaltplan

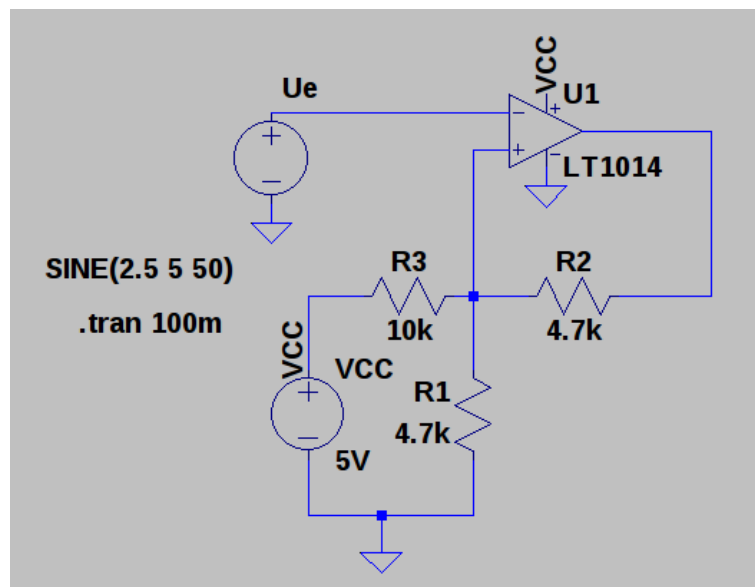


Figure 6: Invertierender Schmitt-Trigger

4.3 Durchführung

Die Schaltung wurde gemäß Angabe zusammengefügt. Die Versorgungsspannung des OPV (LT1014) beträgt $V_+ = 5V, V_- = 0V$. Zuerst wurde die Aus- und Eingangsspannung, sowie die Spannung am positiven Eingang des OPV im Bereich von 0 bis $100ms$ mit einem Sinus-Eingangssignal ($DC_{offset} = 2,5V, V_{pp} = 5V, f = 50Hz$) simuliert. Dann wurde das Zeitverhalten mit einem Dreieckssignal ($V_{on} = 5V, V_{off} = 0V, f = 5MHz$) von 0 bis $1\mu s$ simuliert.

4.4 Ergebnis & Diskussion

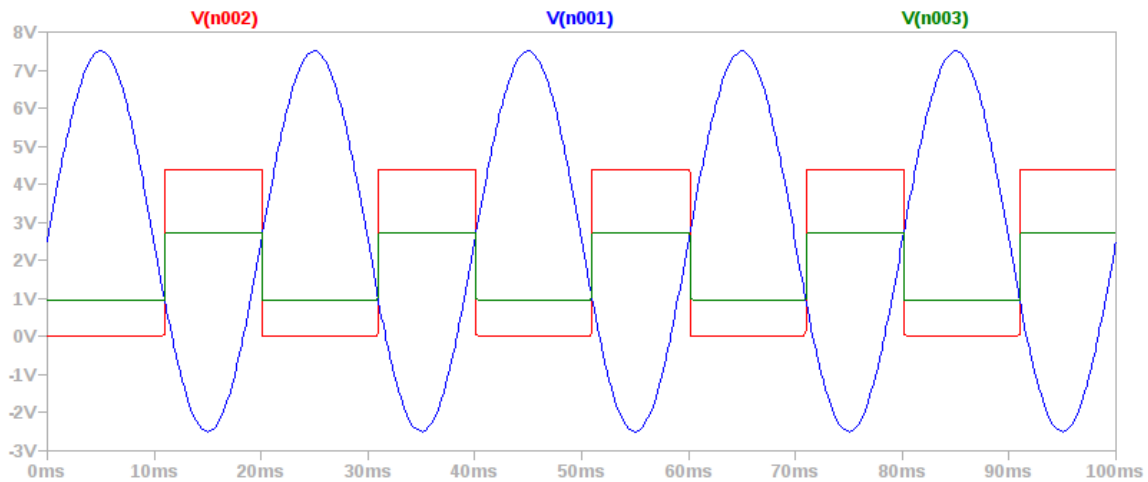


Figure 7: Zeitverhalten bei Sinussignal (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung, grün ... Spannung am positiven OPV Eingang)

Berechnung der Spannung am positiven OPV Eingang mittels Superpositionsprinzip:

- $U_{low} = 0,029V$ (abgelesen):
 U_a kurzgeschlossen:

$$U_{p1} = U_{VCC} \frac{R_{12}}{R_{12}+R_3} = U_{VCC} \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}}{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}+R_3} = 5V \frac{2,35k\Omega}{2,35k\Omega+10k\Omega} \approx 0,95V$$
 U_{VCC} kurzgeschlossen:

$$U_{p2} = U_{low} \frac{R_{13}}{R_{13}+R_2} = U_{low} \frac{\frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}}{\frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}+R_2} = 0,029V \frac{3,19k\Omega}{3,19k\Omega+4,7k\Omega} \approx 0,01V$$

$$U_p = U_{p1} + U_{p2} \approx 0,96V$$
- $U_{high} = 4,39V$ (abgelesen):
 U_a kurzgeschlossen:

$$U_{p1} = U_{VCC} \frac{R_{12}}{R_{12}+R_3} = U_{VCC} \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}}{\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2}+R_3} = 5V \frac{2,35k\Omega}{2,35k\Omega+10k\Omega} \approx 0,95V$$
 U_{VCC} kurzgeschlossen:

$$U_{p2} = U_{high} \frac{R_{13}}{R_{13}+R_2} = U_{high} \frac{\frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}}{\frac{R_1 R_3}{R_1+R_3}+R_2} = 4,39V \frac{3,19k\Omega}{3,19k\Omega+4,7k\Omega} \approx 1,78V$$

$$U_p = U_{p1} + U_{p2} \approx 2,73V$$

Die Spannung am positiven Eingang des OPV bestimmt (wie auch im Diagramm ersichtlich), wann getriggert wird. Das heißt, wenn das Sinussignal am Eingang unter $0,95V$ fällt, liefert der OPV am Ausgang U_{high} , wenn das Eingangssignal $2,73V$ übersteigt, liegt am Ausgang U_{low} an. Somit wandelt der Schmitt-Trigger das Sinussignal in ein invertiertes Rechtecksignal um.

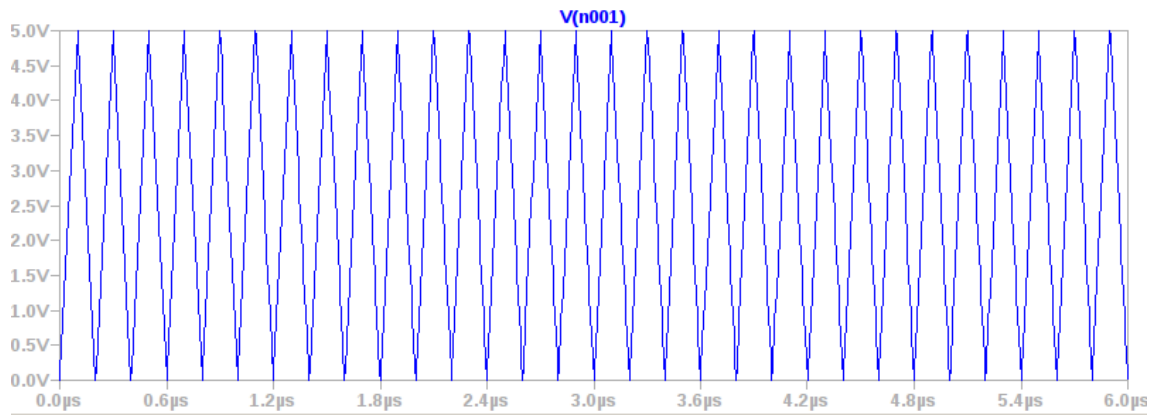


Figure 8: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Eingangssignal

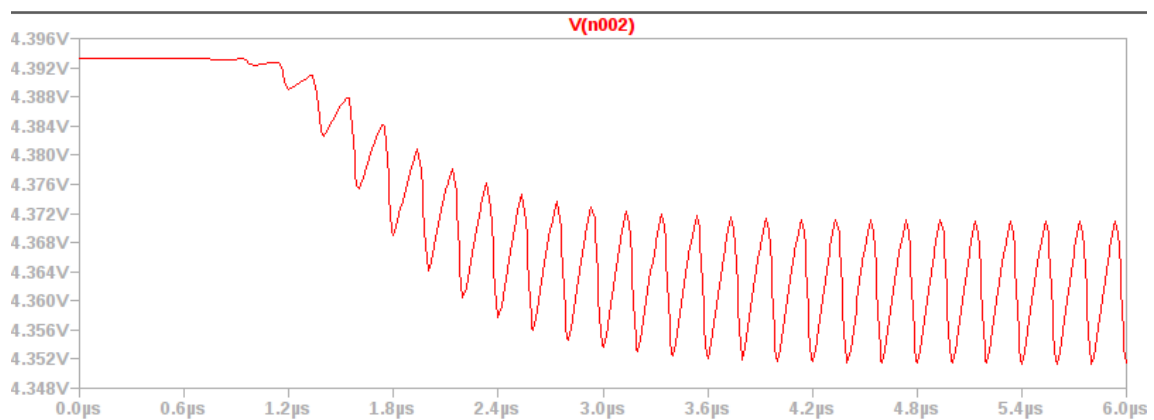


Figure 9: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Ausgangssignal

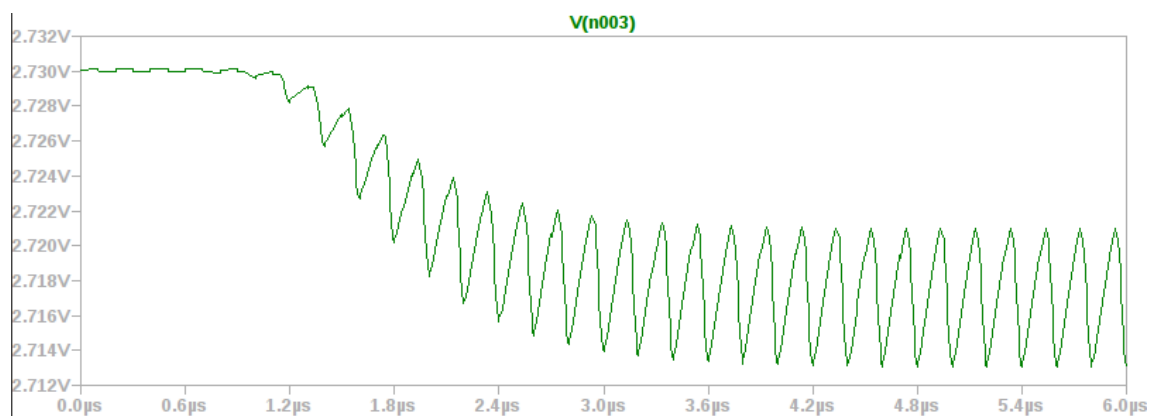


Figure 10: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Spannung am positiven OPV Eingang

Im Bereich von 0 – 3,6μs ist deutlich der Einschwingvorgang des Systems zu erkennen.

