



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	4
3	Integrierer	4
4	Invertierender Schmitt-Trigger	7

1 Nichtinvertierender Verstärker

1.1 Aufgabenstellung

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

1.2 Schaltplan

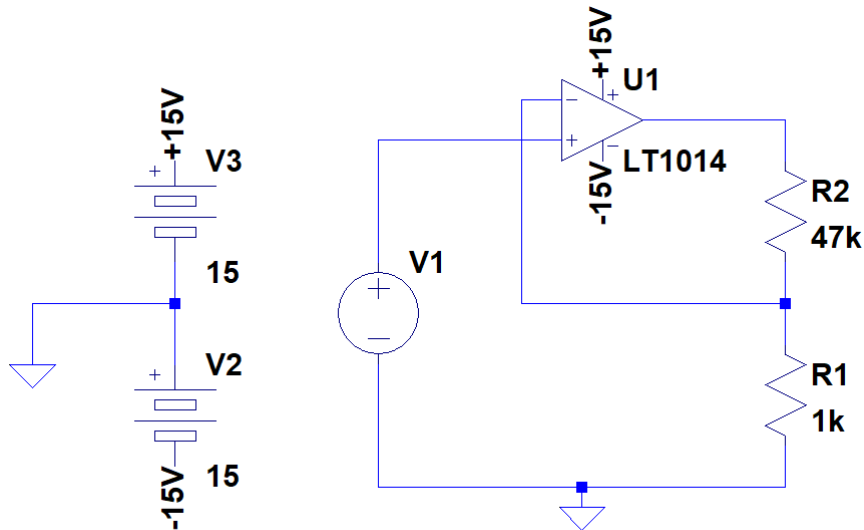


Figure 1: Nichtinvertierender Verstärker

1.3 Durchführung

Die Schaltung eines OPV als nichtinvertierender Verstärker wurde mit LTSpice 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 etwa 40 bis 60 mal größer dimensioniert werden als R_1 . Gewählt wurden die Widerstände $R_1 = 1k\Omega$ und $R_2 = 47k\Omega$. 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).

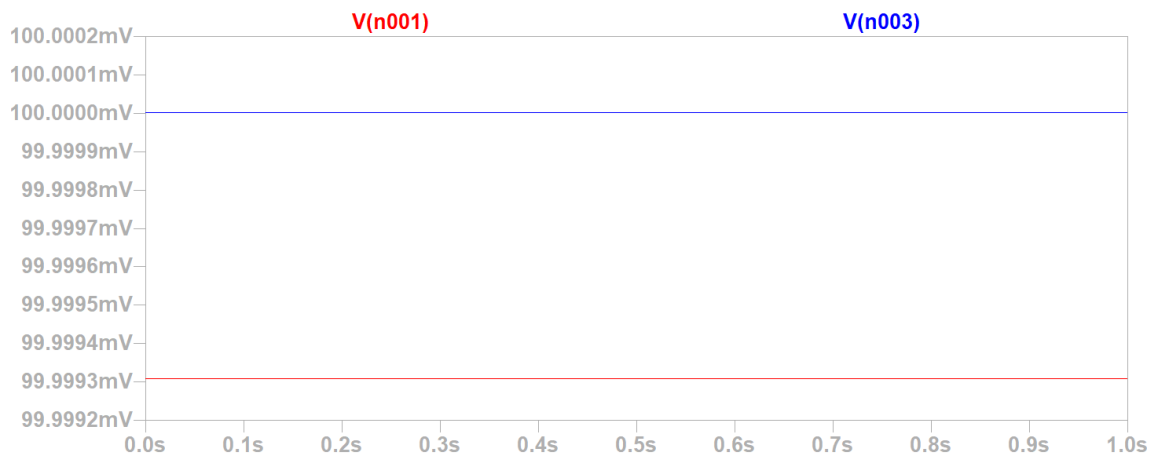


Figure 2: Nichtinvertierender Verstärker; Blau: U_p ; Rot: U_n

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.

3.2 Schaltplan

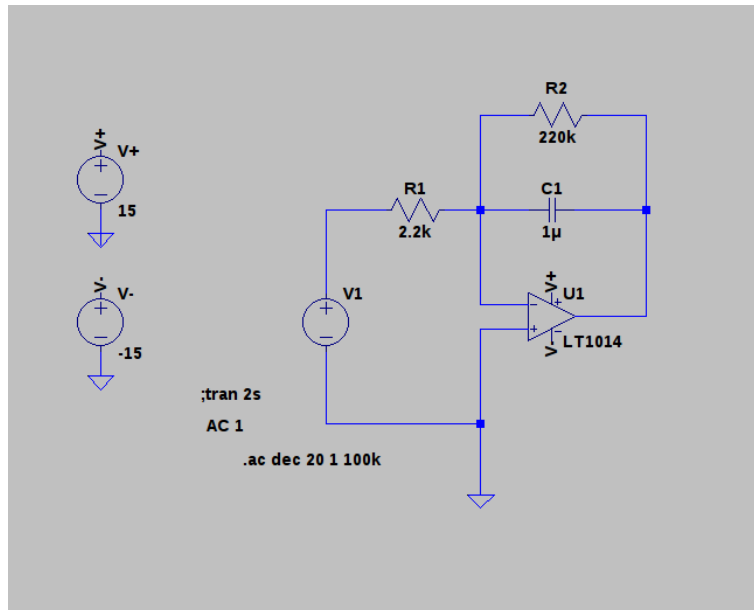


Figure 3: Integrierer

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

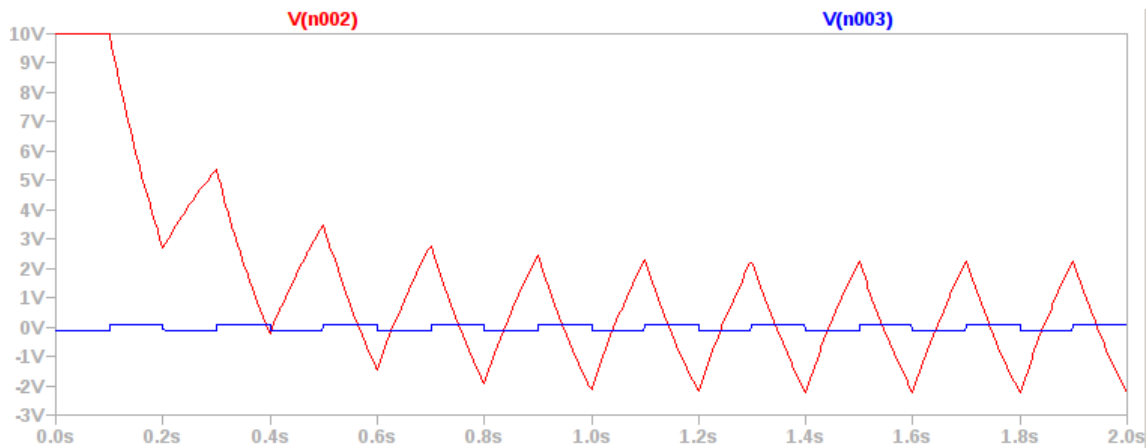


Figure 4: Zeitverhalten (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung)

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} !!!

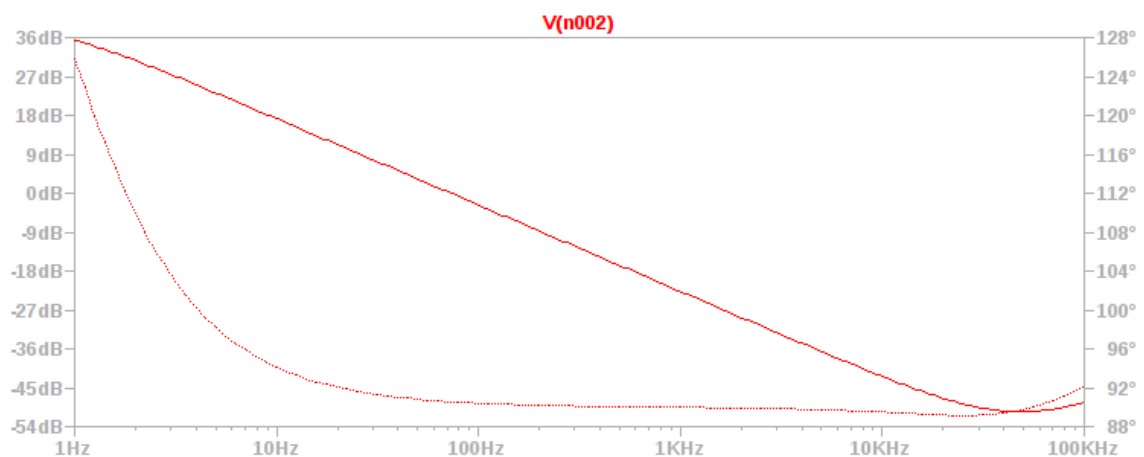


Figure 5: Bode-Diagramm

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

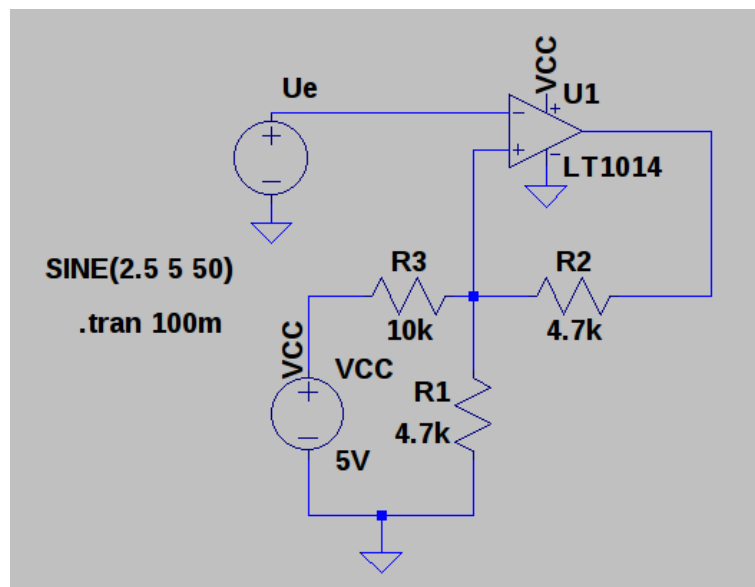


Figure 6: Invertierender Schmitt-Trigger

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

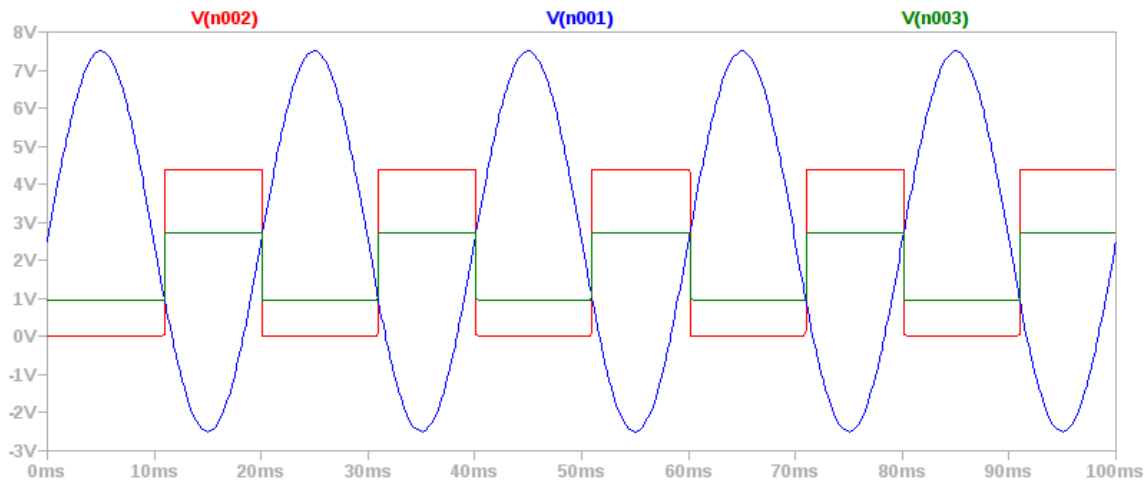


Figure 7: Zeitverhalten bei Sinussignal (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung, grün ... Spannung am positiven OPV Eingang)

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.

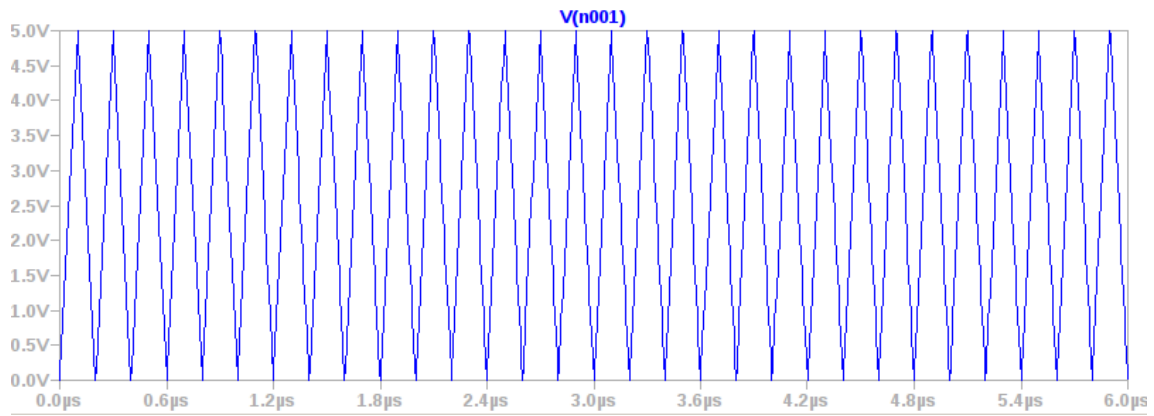


Figure 8: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Eingangssignal

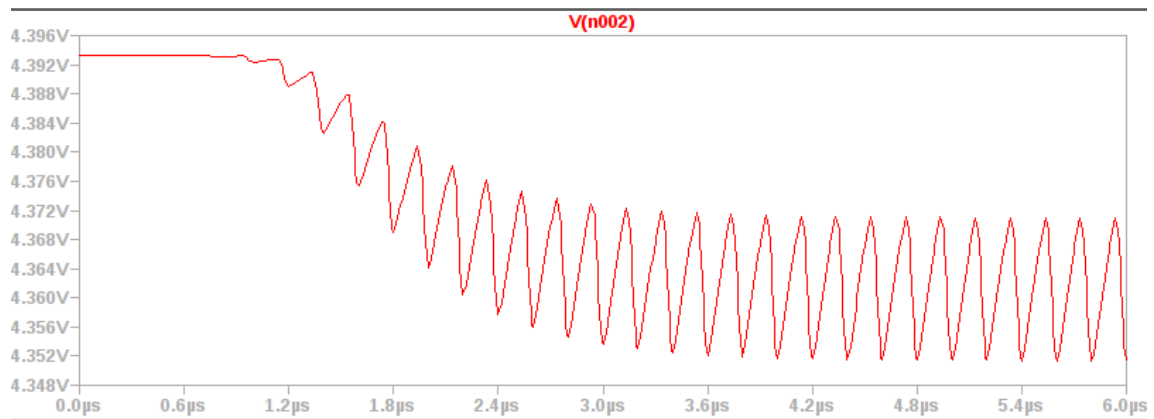


Figure 9: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Ausgangssignal

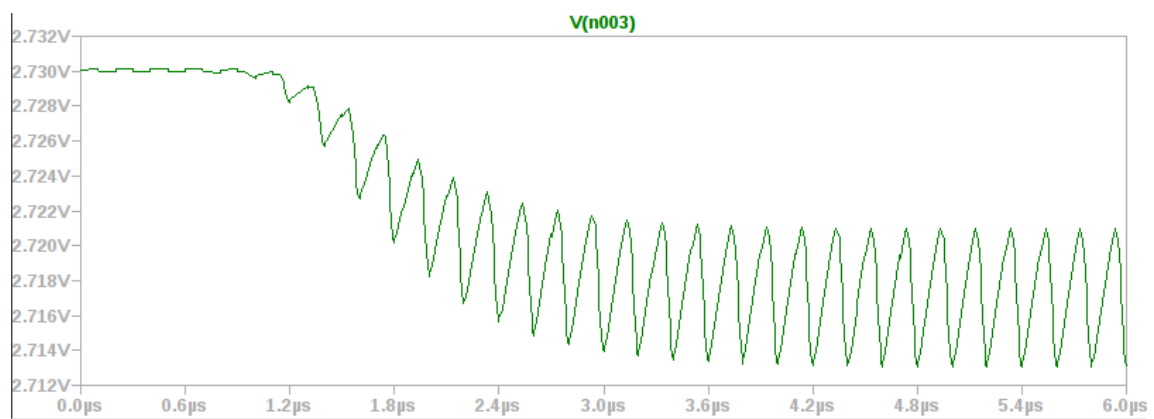


Figure 10: Zeitverhalten bei 5MHz Dreieckssignal - Spannung am positiven OPV Eingang

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

