



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	6

# **1 Nichtinvertierender Verstärker**

## **1.1 Aufgabenstellung**

## **1.2 Schaltplan**

## **1.3 Durchführung**

## **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

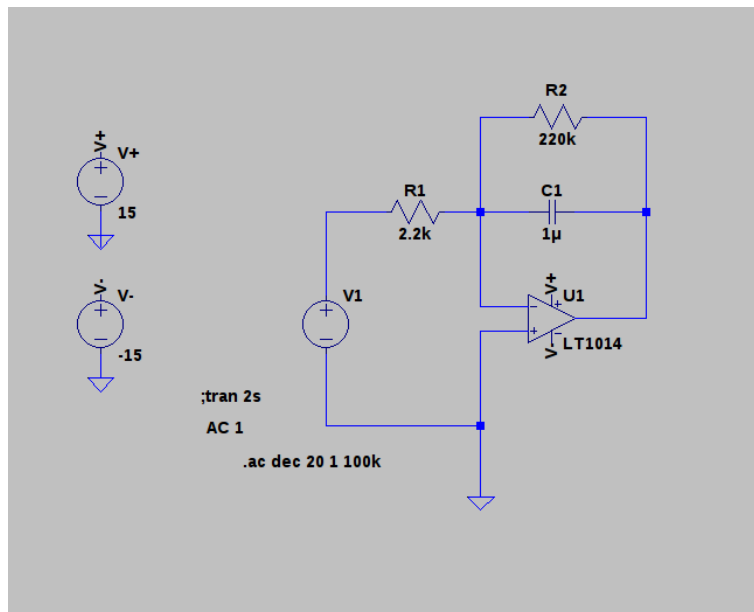


Figure 1: Integrierer

## 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

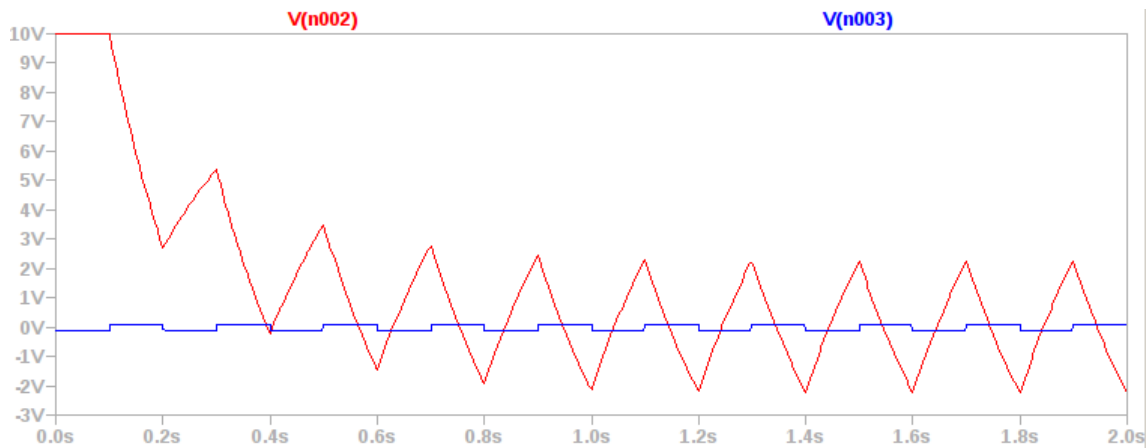


Figure 2: Zeitverhalten (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung)

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,  $V_{pp}$ !!!

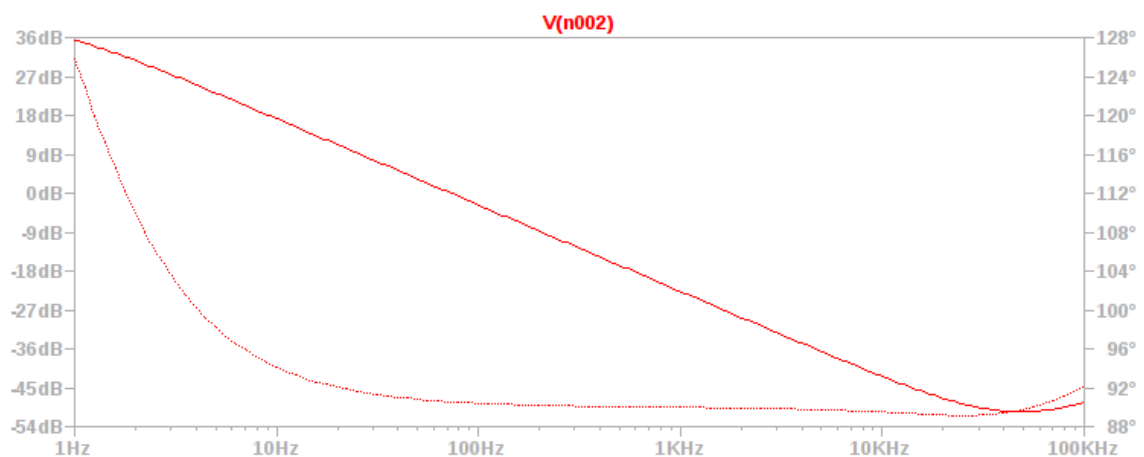


Figure 3: Bode-Diagramm

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  $126^\circ$  auf  $90^\circ$ . 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

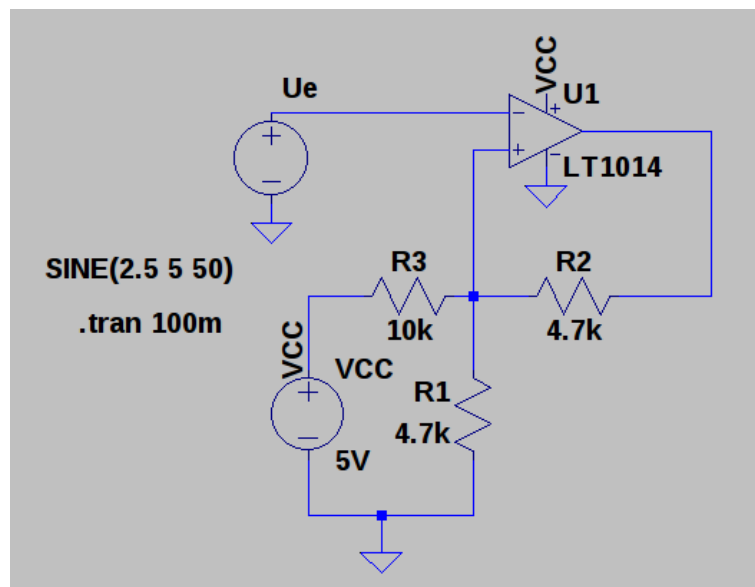


Figure 4: Invertierender Schmitt-Trigger

### 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

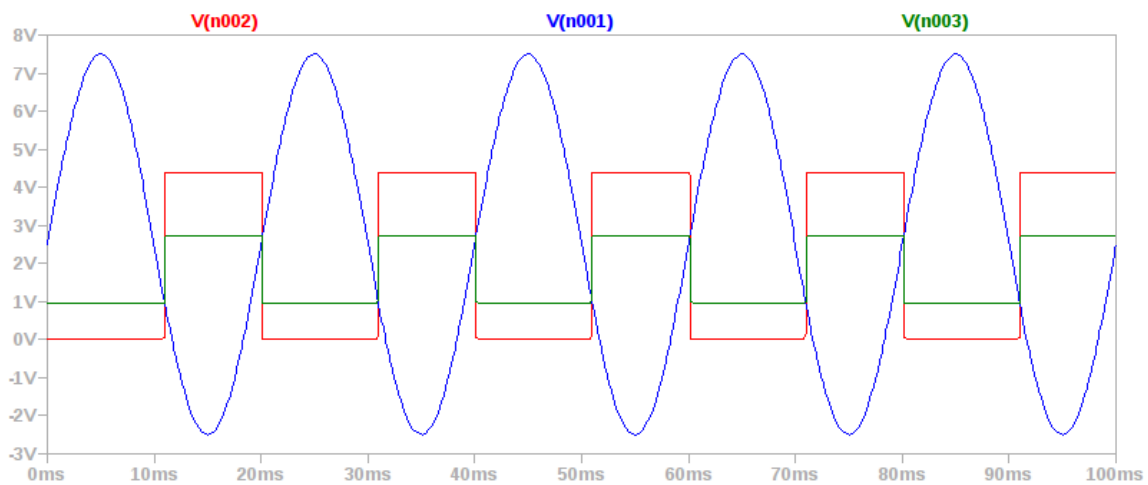


Figure 5: Zeitverhalten bei Sinussignal (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung, grün ... Spannung am positiven OPV Eingang)

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.

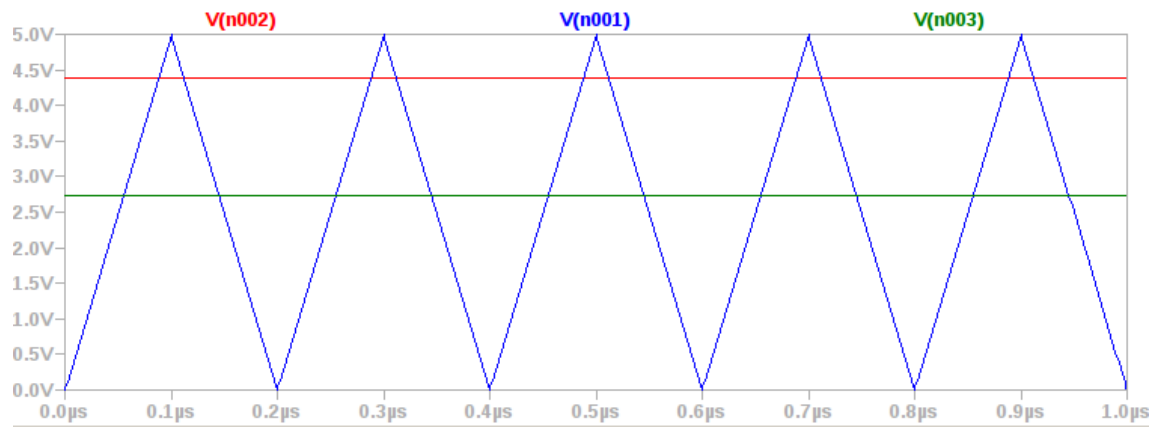


Figure 6: Zeitverhalten bei hochfrequentem Dreieckssignal (rot ... Ausgangsspannung, blau ... Eingangsspannung, grün ... Spannung am positiven OPV Eingang)

TODO: Erklärung!!!



