

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHRANSTALT

HOLLABRUNN

Höhere Abteilung für Elektronik – Technische Informatik

Klasse / Jahrgang: 4BHEL	Gruppe: 4b	Übungsleiter: Dipl.-Ing. Hermann Dum
Übungsnummer: III / 2	Übungstitel: OPV II - Kippschaltungen	
Datum der Übung: 03.03.2015	Teilnehmer: Graussam, Holzinger, Mischling, Schwarzmann	
Datum der Abgabe: 17.03.2015	Schrittführer: Graussam	Unterschrift:

	Beurteilung
Aufgabenstellung	
Dokumentation	
Messschaltungen	
Messtabellen	
Berechnungen	
Programmlistings	
Auswertung	
Diagramme	
Berechnungen	
Simulationen	
Schlussfolgerungen	
Kommentare	
Inventarliste	
Messprotokoll	
Form	
Summe	

1 Allgemeiner Teil

Titel der Übung: OPV II - Kippschaltungen

Übungsnummer: III / 2

Übungsplatz: T 7

Datum der Übung: 03.03.2015

Klasse: 4BHEL

Schritfführer: Lukas Graussam

Übungsteilnehmer: Lukas Graussam
Philipp Schwarzmann

Nicht anwesend: Thomas Holzinger
David Mischling

Inhaltsverzeichnis:

1 Allgemeiner Teil	2
2 Allgemeines	3
3 Messschaltungen	4
3.1 Nichtinvertierend.....	4
3.2 Invertierend	4
4 Dimensionierung.....	5
5 Durchführung	6
5.1 Gleichspannungen.....	6
5.2 Frequenz-Betrieb.....	6
5.3 Hysteresis Darstellung	7
5.4 RC – Glied	8
5.4.1 Messschaltung	8
5.4.2 Funktionsweise und Berechnungen	8
5.4.3 Messung	9
5.5 Slew Rate	10
5.5.1 Messung	10
5.5.2 Slew-Rate mit TL 081	11
6 Erkenntnis.....	12

2 Allgemeines

Das Ziel der Übung war es, die Dimensionierung und die praktische Anwendung eines Hysteresekomparator mit einer OPV-Kippschaltung zu realisieren.

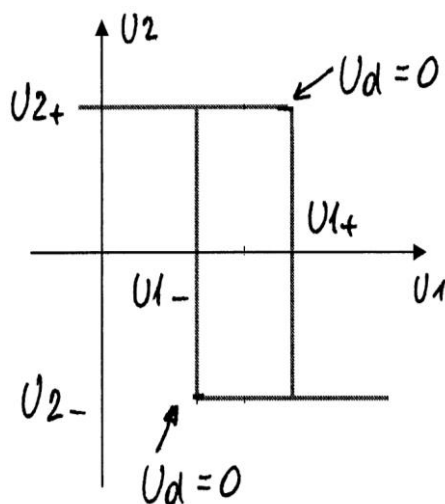
Prinzip Erklärung:

Im Wesentlichen gibt es bei einem Hysteresekomparator eine Eigenspannung U_1 und eine Ausgangsspannung U_2 . Diese Ausgangsspannung ist prinzipiell entweder ein Maximalwert U_{2+} oder ein Minimalwert U_{2-} .

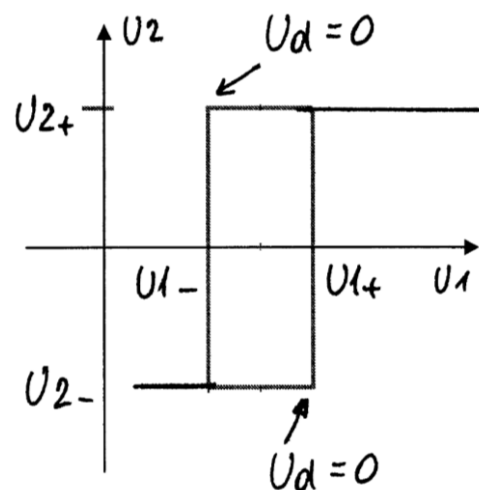
Außerdem unterscheidet man zwischen einem invertierenden und einen nichtinvertierenden Hysteresekomparator. Beim invertierenden liegt am Ausgang der Maximalwert (U_{2+}) an, sobald die Eingangsspannung unter einem bestimmten Wert (U_{1-}) sinkt. Steigt dann die Eingangsspannung bis zu dem Wert U_{1+} , fällt die Ausgangsspannung wieder auf U_{1-} . Dasselbe gilt für den nichtinvertierenden Hysteresekomparator umgekehrt.

Dies kann man am besten mit Hilfe eines Diagrammes erkennen:

Invertierender

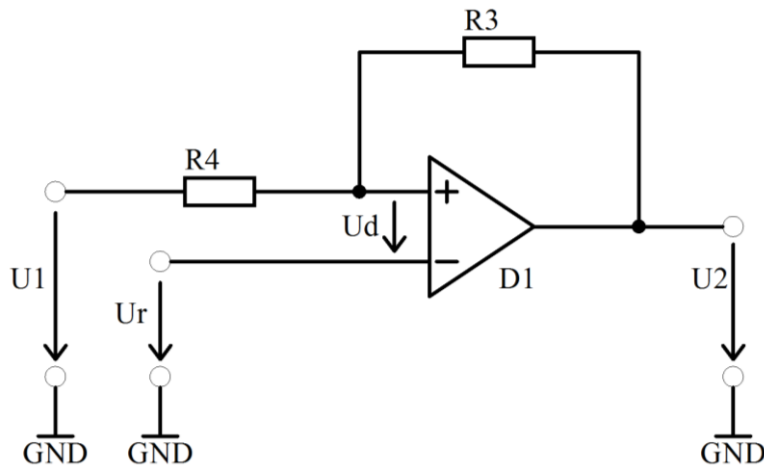


Nichtinvertierender

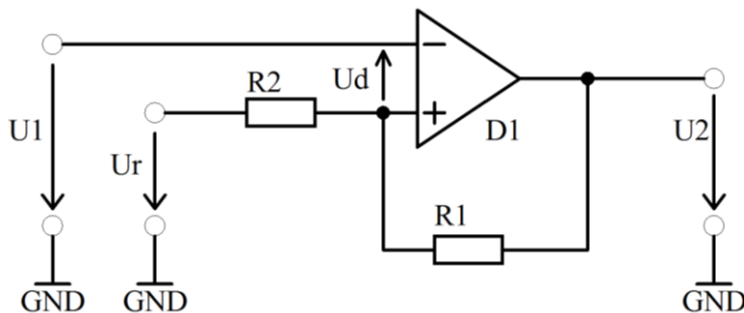


3 Messschaltungen

3.1 Nichtinvertierend



3.2 Invertierend



Bereits vor der Übung musste in unserem Fall eine invertierende und eine nichtinvertierende Schaltung dimensioniert werden. Bei der Übung beschäftigten wir uns jedoch nur mit einem invertierenden Hysteresekomparator.

Aus diesem Grund wird auch in diesem Protokoll ab dieser Stelle nur mehr die invertierende Schaltung behandelt.

4 Dimensionierung

Folgendes war für die Dimensionierung gegeben:

$$U_{2+} = 14V$$

$$U_{2-} = -14V$$

$$U_{1+} = 3,5V$$

$$U_{1-} = 0,7V$$

Der kleinere Widerstand durfte mit $10k\Omega$ angenommen werden.

Außerdem gelten die folgenden Formeln:

$$0 = U_R * \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_{2+} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_{1+}$$

$$0 = U_R * \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_{2-} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_{1-}$$

Am besten geht man vor, indem man U_R gleichsetzt und sich dann das Verhältnis von R_1/R_2 ausdrückt:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_{2-} - U_{2+}}{U_{1-} - U_{1+}} - 1$$

Mit den gegebenen Werten ergibt es ein Verhältnis von 9, folglich wurden diese Widerstandswerte gewählt:

$$R_2 = 10k\Omega$$

$$R_1 = 90k\Omega$$

Anschließend kann mit einer der beiden Formeln, die schon zuvor benötigt wurden um U_R gleichzusetzen, U_R ausgerechnet werden.

$$U_R = \left[U_{1+} - U_{2+} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] * \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$U_R = \left[U_{1-} - U_{2-} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] * \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Setzt man die Werte ein, kommt man auf: $U_R = 2,33V$

Hinweis: Die genaue Herleitung und Berechnung befindet sich außerdem vor dem Messprotokoll.

5 Durchführung

5.1 Gleichspannungen

Nachdem die Schaltung am Steckbrett mit dem OPV LM741 aufgebaut war, wurde am Eingang (U1) eine regelbare Gleichspannung angelegt, um sich an die Schaltschwellen des Komparators anzutasten.

Gemessen wurde mit dem Multimeter P1 die Eingangsspannung (U1), mit dem Multimeter P2 die Ausgangsspannung (U2) und mit dem Multimeter P3 die Referenzspannung (Ur).

Diese beiden Schaltschwellen wurden gemessen:

R1	R2	Ur	U1	U2
[kΩ]	[kΩ]	[V]	[V]	[V]
90,00	10,00	2,33	3,52	-12,90
90,00	10,00	2,33	0,77	14,14

U2- ; U1+

U2+ ; U1-

5.2 Frequenz-Betrieb

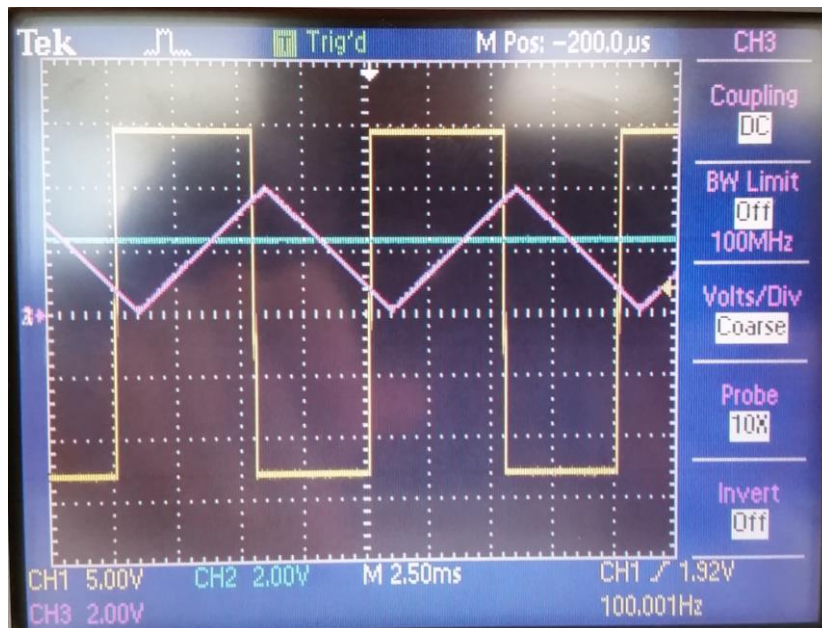
Danach wurde am Eingang, anstatt der Gleichspannung, der Frequenzgenerator G1 mit folgenden Einstellungen angeschlossen:

- Ramp: $f=100\text{Hz}$
- Symmetry: 50%
- High Level: 4V; Low Level: 0V

Außerdem wurde mit dem Oszilloskop P4 folgendes gemessen:

- CH1: U2
- CH2: Ur
- CH3: U1

Dies soll die Funktion bestätigen (siehe Screenshot nächste Seite).



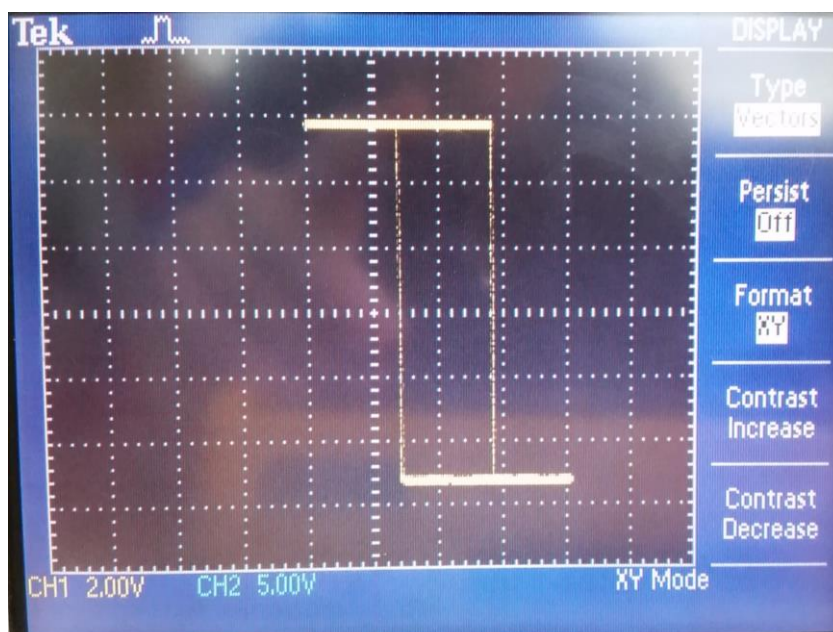
Kommentar: Diese Schaltung beweist, dass die Schaltung bei 100Hz einwandfrei funktioniert.

5.3 Hysterese Darstellung

Im nächsten Schritt sollte die Schaltung im xy-Betrieb gemessen werden, um eine Darstellung von U_2/U_1 zu erhalten (siehe 2. Allgemeines - Seite 3).

Der Messaufbau wurde dazu nicht verändert, es wurde nur beim Generator folgendes verändert: High Level = 6V; Low Level = -2V

Screenshot Oszilloskop (P4):

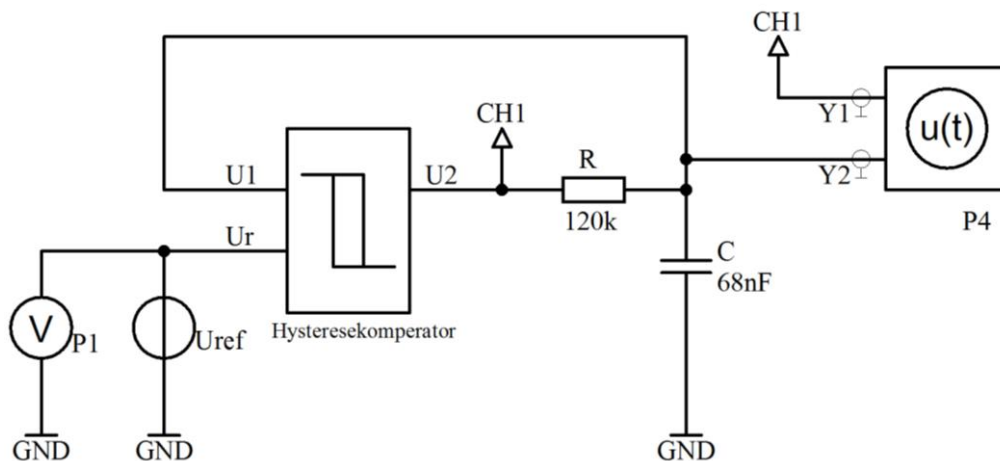


Kommentar: Auf der x-Achse befindet sich U_1 , auf der y-Achse U_2 .

Vergleicht man diese Messung mit dem angenommenen Diagramm, erkennt man deutlich die richtige Funktion.

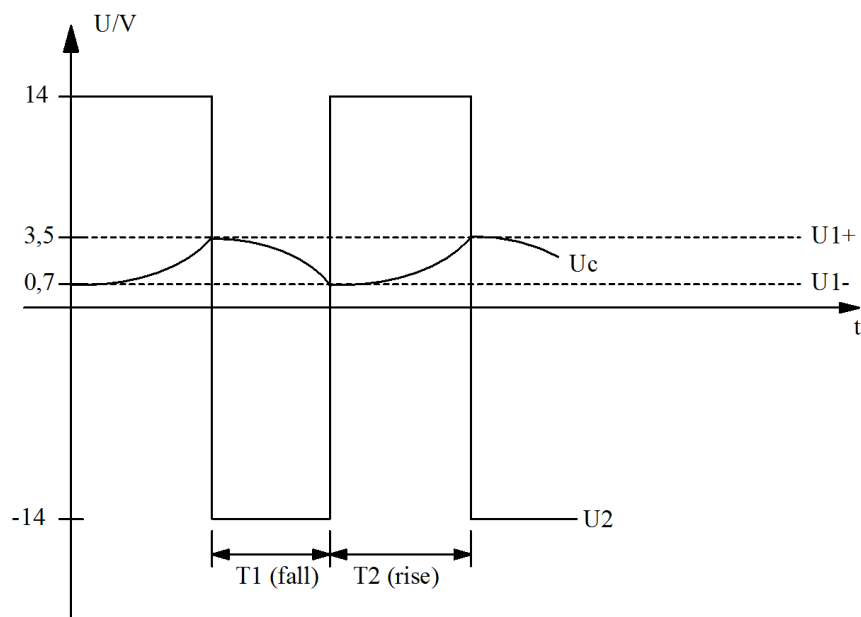
5.4 RC – Glied

5.4.1 Messschaltung



Schaltungsbeschreibung: Liegt am Ausgang die positive Spannung U_{2+} an, lädt sich der Kondensator auf, bis die obere Schaltschwelle erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt schaltet der Hysteresekomparator seinen Ausgang auf U_{2-} und der Kondensator entlädt sich wieder. Erreicht er dann wieder die untere Schaltschwelle, schaltet der Hysteresekomparator wieder auf U_{2+} . Somit sollte ein Rechtecksignal am Ausgang U_2 entstehen.

5.4.2 Funktionsweise und Berechnungen



Das Diagramm auf der vorigen Seite soll zur Vorstellung dienen.

Kommentar: Die Kurve der Spannung am Kondensator wurde zur Veranschaulichung übertrieben steil gezeichnet. Bei dieser großen Differenz des Ausgangsspannungsbereiches zum Eingangsspannungsbereich würde die Ladekurve eher dreieck-förmig aussehen.

Berechnung T1, T2:

Aus den Werten R und C kann T_{au} berechnet werden.

$$T_{au} = R \cdot C = 8,16\text{ms}$$

Des Weiteren gilt die Formel:

$$U(t) = U_{max} * (1 - e^{-\frac{t}{T_{au}}})$$

Formt man diese Formel auf t um, kann T1 und T2 berechnet werden, wobei auf die richtigen Spannungsdifferenzen geachtet werden muss.

Überlegung für T2:

$$U_{max} = 14\text{V} - 0,7\text{V} = 13,9\text{V}$$

$$U(t) = 3,5\text{V} - 0,7\text{V} = 2,8\text{V}$$

Dieselbe Überlegung muss auch für T1 gemacht werden.

Berechnete Werte:

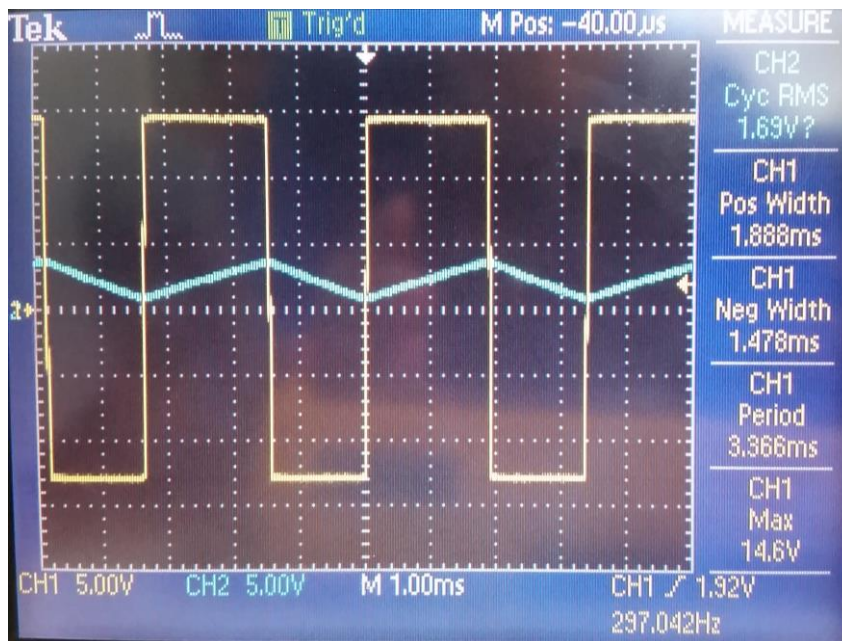
$$T1 = 1,50\text{ms}$$

$$T2 = 1,84\text{ms}$$

5.4.3 Messung

Die Schaltung mit dem RC-Glied wurde mit dem Messaufbau (siehe 5.4.1. Messschaltung – Seite 8) gemessen.

Der Screenshot des Oszilloskops folgt auf der nächsten Seite.



Auf der rechten Seite kann man die Werte für T1 (Neg Width) und T2 (Pos Width) ablesen. Die Werte stimmen relativ genau mit den zuvor berechneten überein.

5.5 Slew Rate

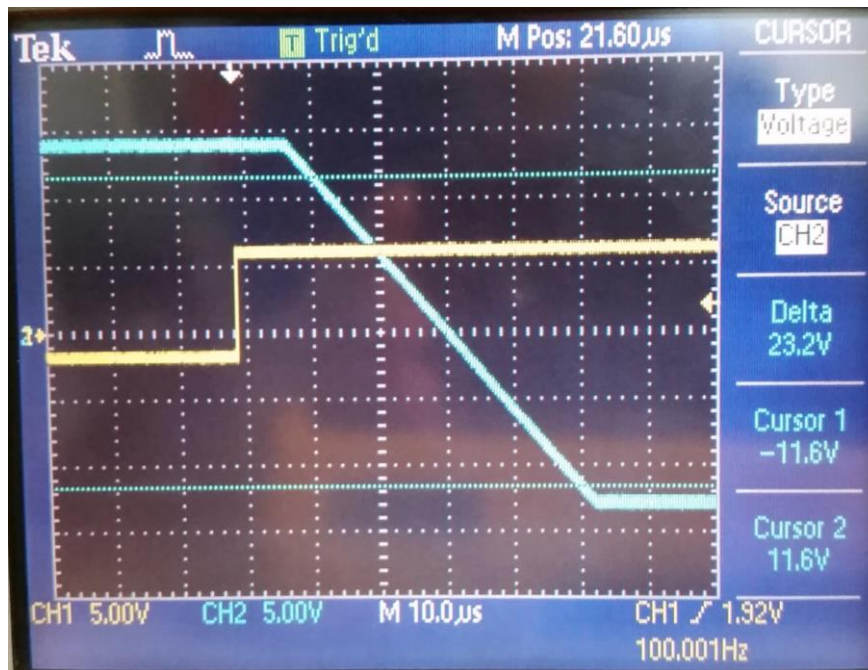
Die Slew-Rate ist jene Zeit, die der OPV benötigt, um den Ausgang von U2+ auf U2- zu schalten. Sie wird in V/us angegeben. Aus dem Datenblatt des LM 741 ist eine typische Slew-Rate von 0,5V/us angegeben.

Dazu wurde wieder der vorige Messaufbau ohne RC-Glied, mit Generator verwendet. Um die Slew Rate zu bestimmen, eignet sich am Eingang am besten ein Rechtecksignal.

Einstellungen Generator: Rechteck (-2V bis 6V); $f=100\text{Hz}$

5.5.1 Messung

Mit dem Oszilloskop P4 wurde das Eingangssignal U1 und das Ausgangssignal U2 gemessen (Screenshot: nächste Seite). Um die Slew-Rate zu bestimmen, wurden bei dem Sprung von U2+ auf U2- (U1- auf U1+) zwei Cursor gesetzt. So ergab sich eine gewisse Spannungsdifferenz über eine gewisse Zeit. Folglich konnte die Slew-Rate berechnet werden (siehe nächste Seite).



Es wurden 4 Divisions (also 40µs) gemessen, was eine Spannungsdifferenz von 23,2V ergab.

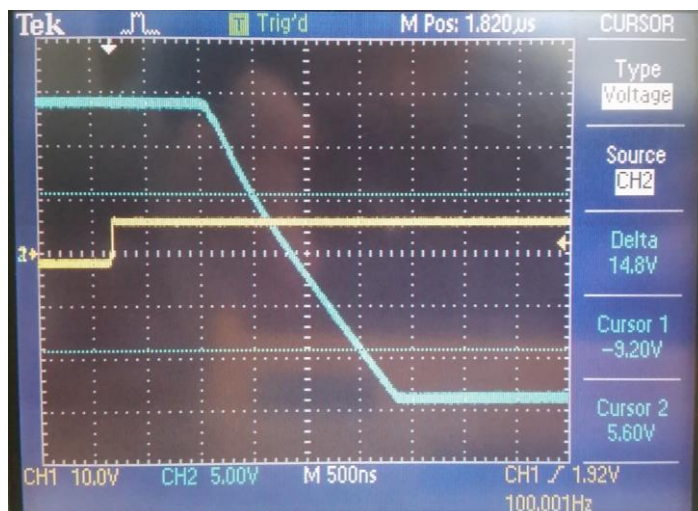
$$SR = \frac{23,3V}{40\mu s} = 0,58 \frac{V}{\mu s}$$

Die gemessene Slew-Rate entspricht relativ genau dem typischen Wert aus dem Datenblatt.

5.5.2 Slew-Rate mit TL 081

Zum Abschluss wurde uns vom Übungsleiter ein schnellerer OPV, der TL 081 zur Verfügung gestellt. Auch bei diesem sollte die Slew-Rate gemessen werden.

Es wurde derselbe Messaufbau wie beim LM 741 verwendet, auch die Berechnungen sind natürlich dieselben.



Es wurden 2 Divisions (also 1us) gemessen. Die Spannungsdifferenz betrug 14,8V (siehe Screenshot).

$$SR = 14,8 \frac{V}{\mu s}$$

Im Datenblatt ist ein typischer Wert von 13 V/us angegeben. Bei der Messung ergab sich sogar ein leicht höherer Wert, der aber ungefähr mit dem angegebenen übereinstimmt.

6 Erkenntnis

- Verständnis eines Hysteresekomperators
- Praktische Anwendung
- Slew-Rate
- Rechtecksignal – Generator mit einer OPV-Kippschaltung