



BAUELEMENTE UND SCHALTUNGEN II

ES3: Digitale Grundsaltungen

Versuchsaufgaben Teil A

Autoren: Sebastian PRÜTER
Stefan KLOBE

16.6.2020

4. Versuchsaufgaben

4.1

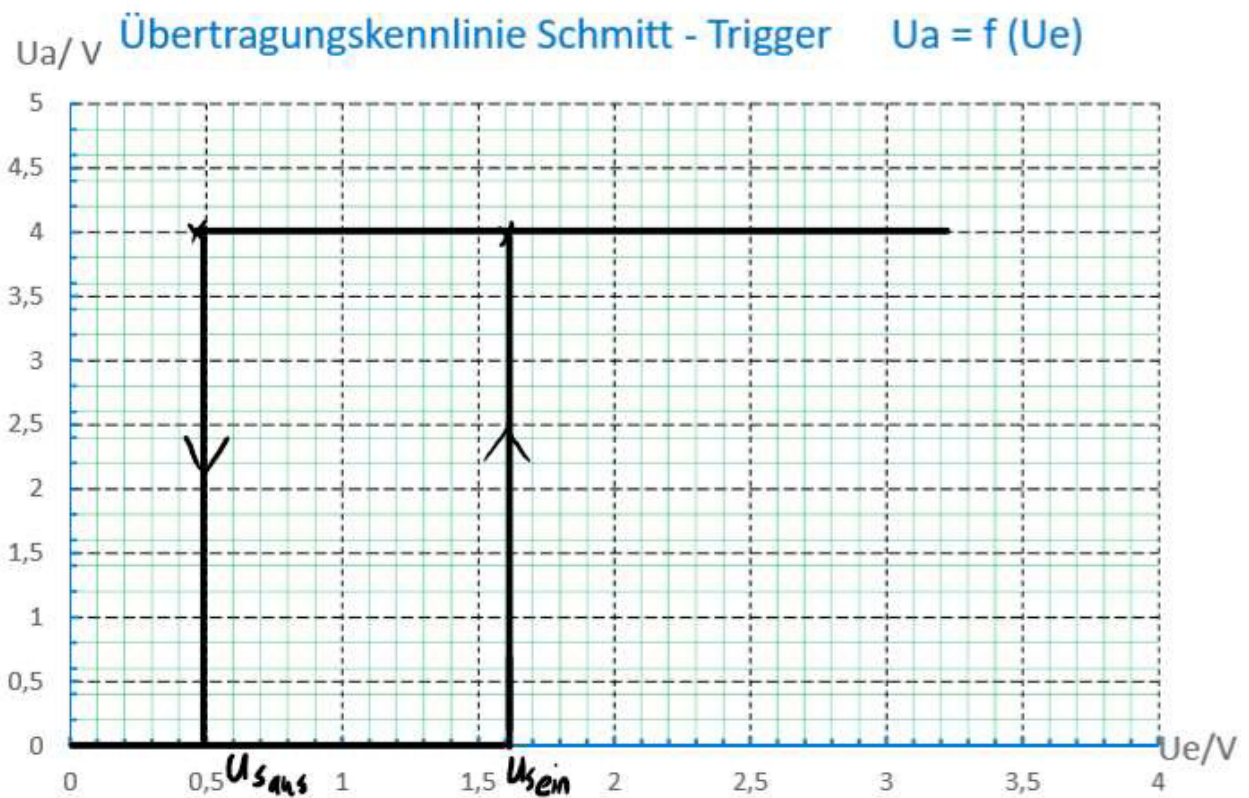
4.1.1

$$U_{e_{\text{low}}} = 0.484 \text{ V}$$

$$U_{e_{\text{high}}} = 1.613 \text{ V}$$

Hysterese:

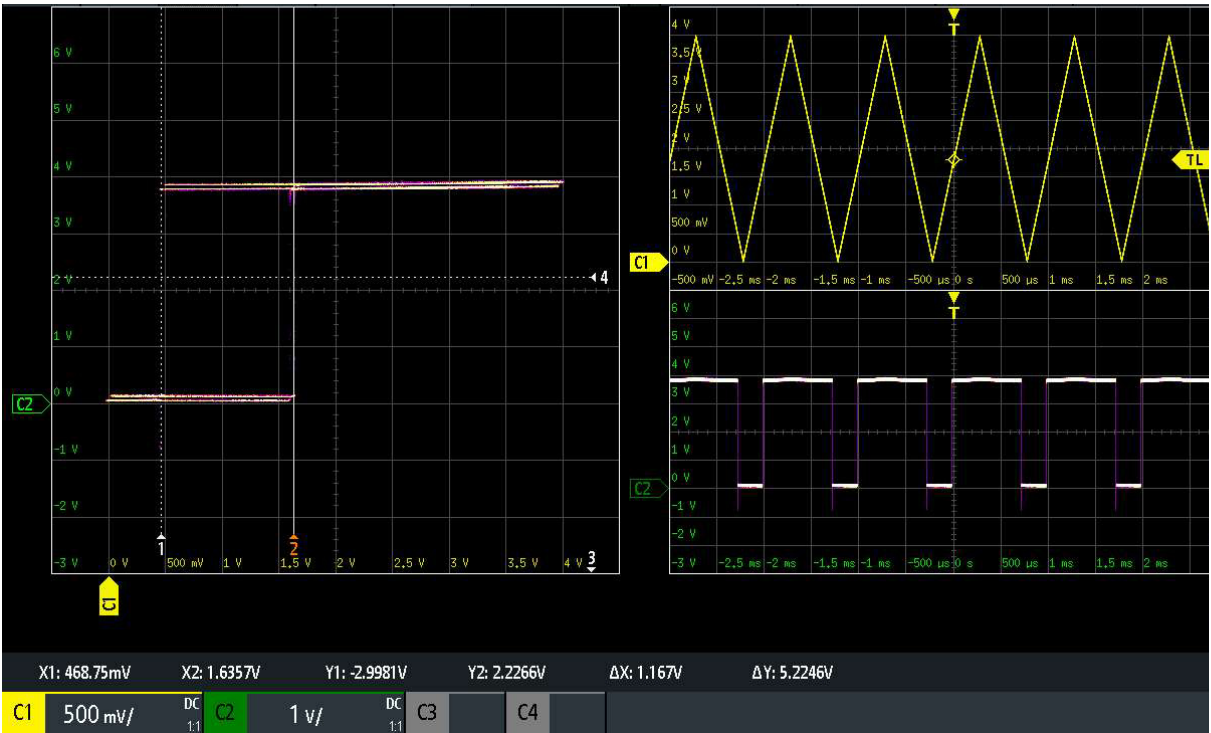
$$U_H = U_{e_{\text{high}}} - U_{e_{\text{low}}} = 1.613 \text{ V} - 0.484 \text{ V} = 1.129 \text{ V}$$



Schmitt-Trigger Übertragungskennlinie

4.1.2

Im folgendem Bild ist links der XY-Graph und rechts die einzelne Signale über der Zeit.



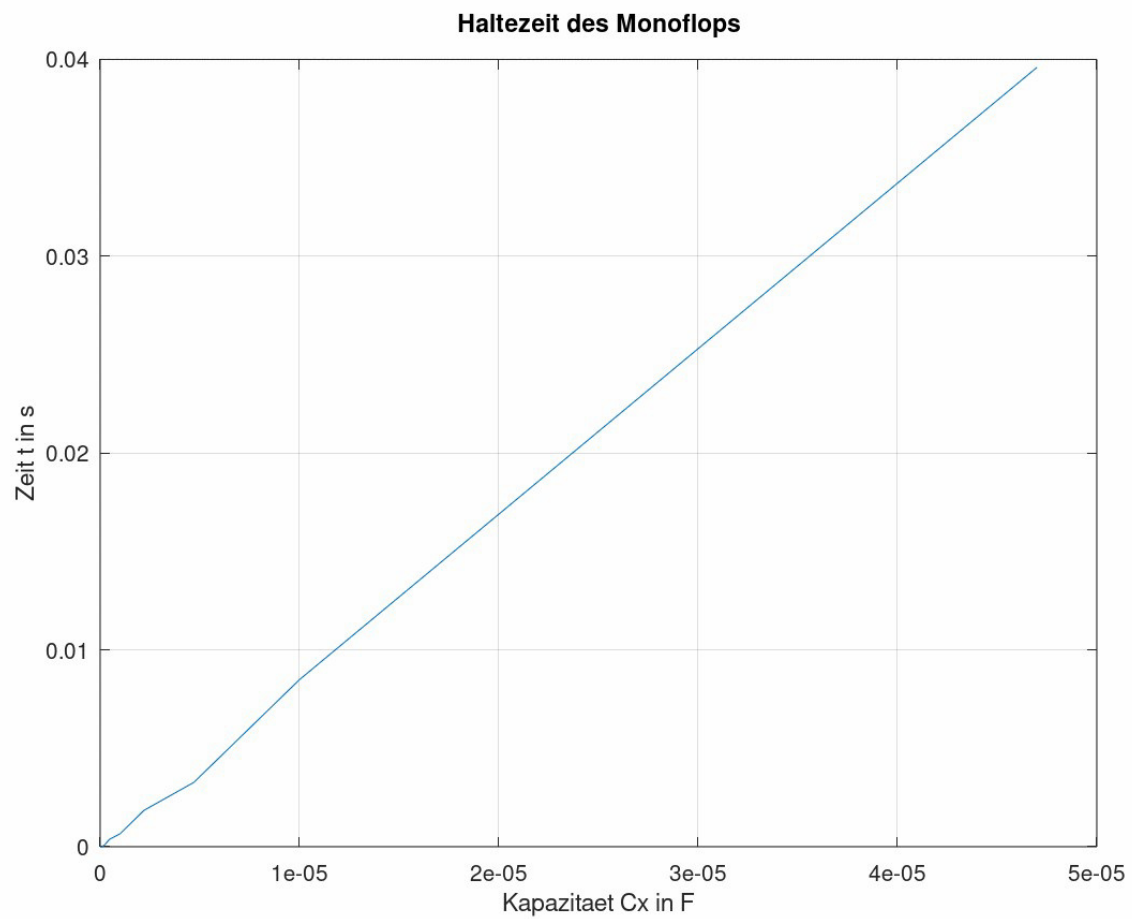
Screenshot des Oszilloskops

4.2

4.2.1

Messwerttabelle:

C_x	1 nF	10 nF	100 nF	220 nF	470 nF	1 μ F	2.2 μ F	4.7 μ F	10 μ F	47 μ F
T_H	0.975 μ s	7.244 μ s	73.8 μ s	191.5 μ s	379.8 μ s	657.9 μ s	1.85 ms	3.27 ms	8.49 ms	39.6 ms



Hold-time in Abhängigkeit der Kapazität

4.2.2 Monoflop mit NE555

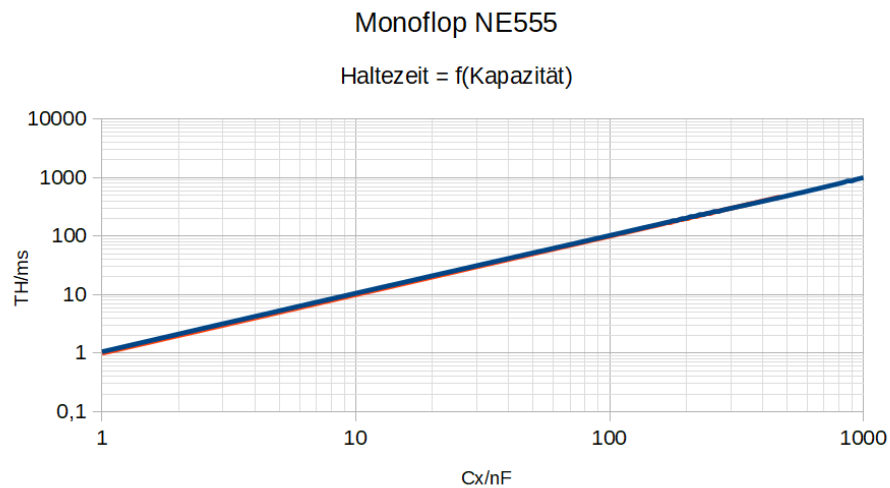


Abbildung 1: Blau: Messwertkurve; Rot: Theoretische Kurve

4.3 Taktgenerator NE555

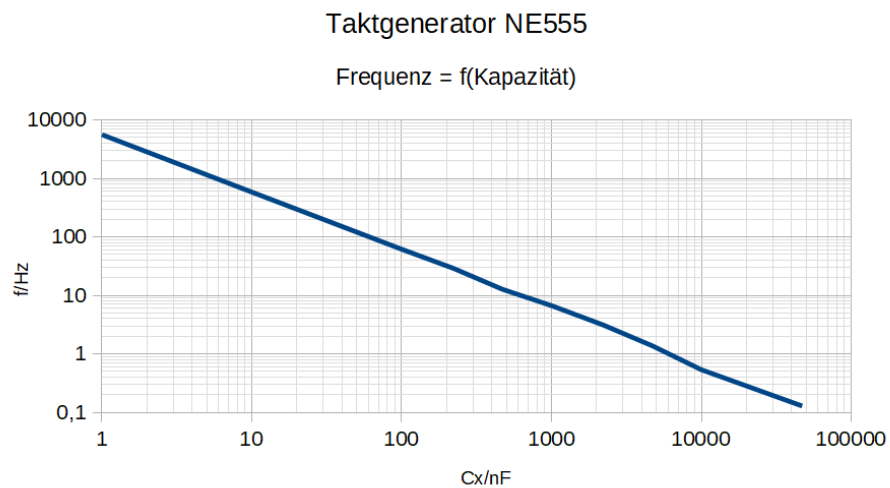


Abbildung 2: Messwertkurve



BAUELEMENTE UND SCHALTUNGEN II

ES3: Digitale Grundschaltungen

Versuchsaufgaben Teil B

Autoren: Richard GRÜNERT
Lukas TRAMS

12.6.2020

1 Eingangskennlinie SN7400

Im Versuch wurde die Eingangskennlinie des TTL-NAND-Gatters SN7400 (TEXAS INSTRUMENTS) ermittelt. Dazu wurde der Eingangsstrom bei Veränderung der Gattereingangsspannung (DC) in einem Bereich von -1 V bis $+5\text{ V}$ gemessen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 zu sehen.

U_e/V	I_e/mA
-1	-15.9
-0.9	-7.6
-0.7996	-3
-0.7046	-1.486
-0.505	-1.227
-0.2513	-1.159
-0.1048	-1.12
-0.0555	-1.108
0.0036	-1.092
0.0517	-1.08
0.1006	-1.067
0.2567	-1.026
0.5009	-0.962
1.0077	-0.818
1.5066	-0.302
1.5511	-0.104
1.7523	0.003
1.6528	0
1.6042	-0.016
1.5765	-0.046
2.009	0.003
3.0001	0.003
4	0.003
4.9833	0.004

Tabelle 1: Messergebnisse der Eingangskennlinie des SN7400

Man erkennt einen nichtlinearen Zusammenhang aus der Eingangskennlinie (Abb. 1). Ab einer Eingangsspannung von etwa -0.6 V beginnt der Eingangsstrom stark zu steigen (betragsmäßig). Dies liegt möglicherweise dar-

an, dass der Basis-Emitter-Übergang des Multiemittertransistors der TTL-Eingangsstufe immer stärker in Durchlass gerät. Bei einer Spannung von ca. 1.75 V sättigt sich der Ausgangsstrom.

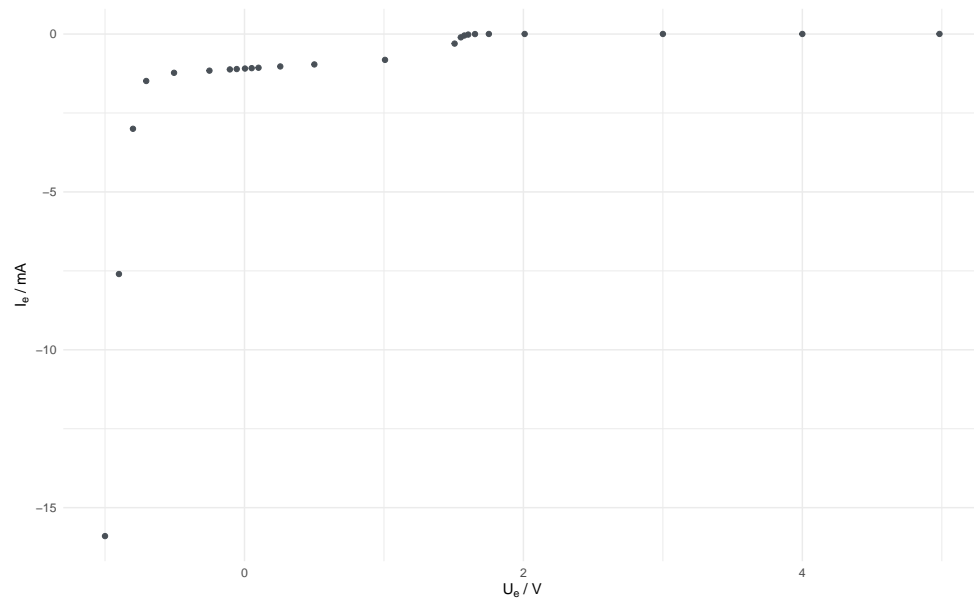


Abbildung 1: gemessene Punkte der Eingangskennlinie des SN7400

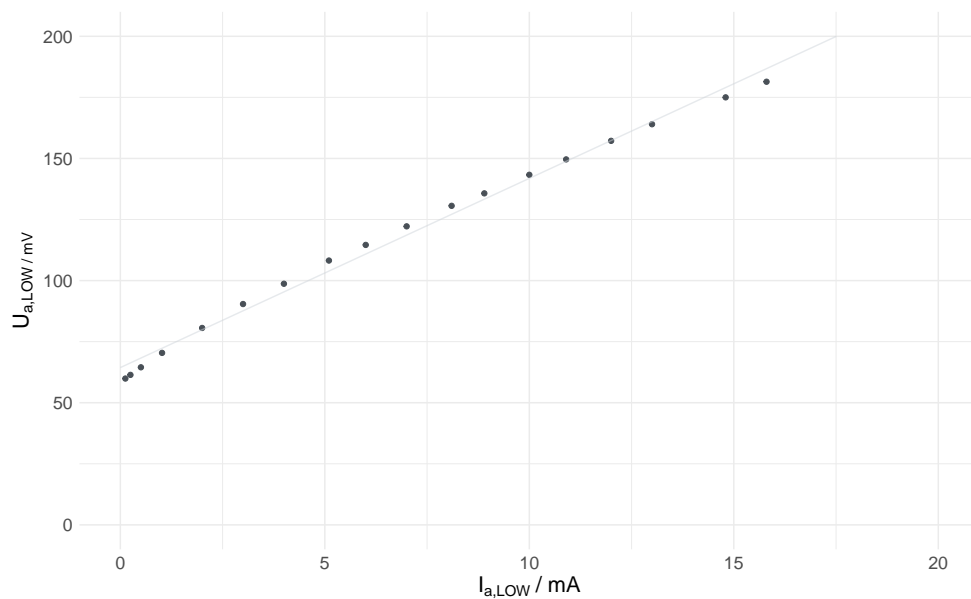


Abbildung 2: Graph der Messwerte von Ausgangs-LOW-Strom und -Spannung

2 Ausgangskennlinie SN7400, LOW Output

Abbildung 2 zeigt den linearen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung bei LOW-Pegel am Ausgang, Tabelle 2 enthält die zugehörigen Messwerte. Mithilfe von linearer Regression konnte eine Änderungsrate von 7.745 mV Ausgangsspannung je 1 mA Ausgangsstrom ermittelt werden, was einem statischen Widerstand von 7.745Ω entspricht.

3 Ausgangskennlinie SN7400, HIGH Output

Der Lastwiderstand am Gatterausgang wurde bei HIGH-Pegel mit einer Widerstandsdekade verändert. Dadurch konnte die Ausgangs-HIGH-Spannung des Gatters bei Variation des Ausgangs-HIGH-Stromes ermittelt werden.

Auch hier ergibt sich ein recht linearer Zusammenhang zwischen Strom und Spannung, welcher in einer Änderungsrate von etwa -96.64 mV Ausgangsspannung je 1 mA Ausgangsstrom resultiert (betragsmäßig), was einem statischen

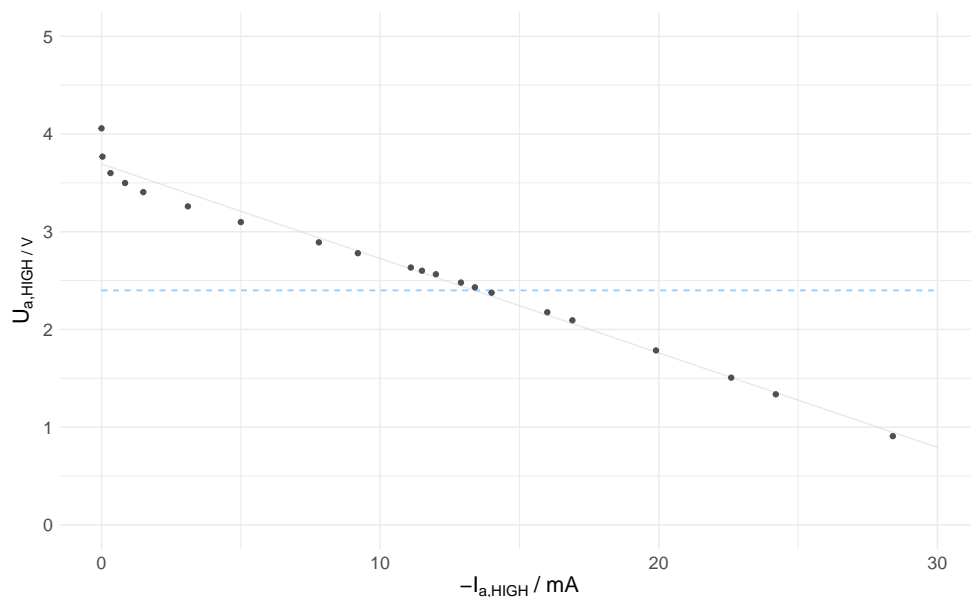


Abbildung 3: Graph der Messwerte von Ausgangs-HIGH-Strom und -Spannung, die blaue Linie stellt die TTL-HIGH-Grenze dar

Widerstand von 96.64Ω ($U_{a,HIGH}(0) = 3.6926 \text{ V}$) entspricht (Abb. 3).

Man kann sehen, dass bei einem Strom von etwa -16 mA die TTL-Schwelle für die genaue Erkennung des Ausgangsspannungspegels als HIGH unterschritten wird und der Pegel mit steigendem Ausgangsstrom immer weiter in den undefinierten Bereich fällt, in welchem keine zuverlässige Funktion folgender Gatter gewährleistet werden kann.

Zu beachten ist, dass der Strom in beiden Fällen, bei HIGH- und LOW-Ausgang, so gemessen wurde, als würde er in den Gatterausgang hineinfließen, was tatsächlich nur bei LOW-Ausgang der Fall ist. In Abb. 3 ist daher der Strom auf der x-Achse negativ abgetragen.

4 Übertragungskennlinien verschiedener Schaltkreisfamilien

Zur Bestimmung der Übertragungskennlinien der Schaltkreisfamilien wurde das Oszilloskop im XY-Modus konfiguriert, um Ein- und Ausgangsspannung

$I_{a,LOW}$	$U_{a,LOW}$	$I_{a,HIGH}$	$U_{a,HIGH}$
15.8	0.1814	-28.4	0.9077
14.8	0.175	-24.2	1.336
13	0.164	-22.6	1.5066
12	0.1572	-19.9	1.7848
10.9	0.1496	-16.9	2.0936
10	0.1433	-16	2.1756
8.9	0.1357	-14	2.376
8.1	0.1306	-13.4	2.4308
7	0.1222	-12.9	2.48
6	0.1146	-12	2.5646
5.1	0.1082	-11.5	2.6009
4	0.0987	-11.1	2.6336
3	0.0904	-9.2	2.7803
2	0.0806	-7.8	2.891
1.02	0.0704	-5	3.0986
0.503	0.0645	-3.1	3.2596
0.247	0.0614	-1.5	3.4051
0.123	0.0599	-0.844	3.4984
		-0.323	3.6001
		-0.034	3.7685
		0	4.0577

Tabelle 2: Messwerte der Ausgangs-LOW-Spannung in Abhängigkeit vom Ausgangs-LOW-Strom

Tabelle 3: Messwerte der Ausgangs-HIGH-Spannung in Abhängigkeit vom Ausgangs-HIGH-Strom

direkt als Kennlinie darstellen zu können. Zum Durchlauf der Eingangsspannungswerte wurde eine Rampen-/Dreiecksfunktion an den jeweiligen Eingang gelegt (Abb. 5)

Es ergeben sich die Übertragungskennlinien aus Abb. 6 und 7

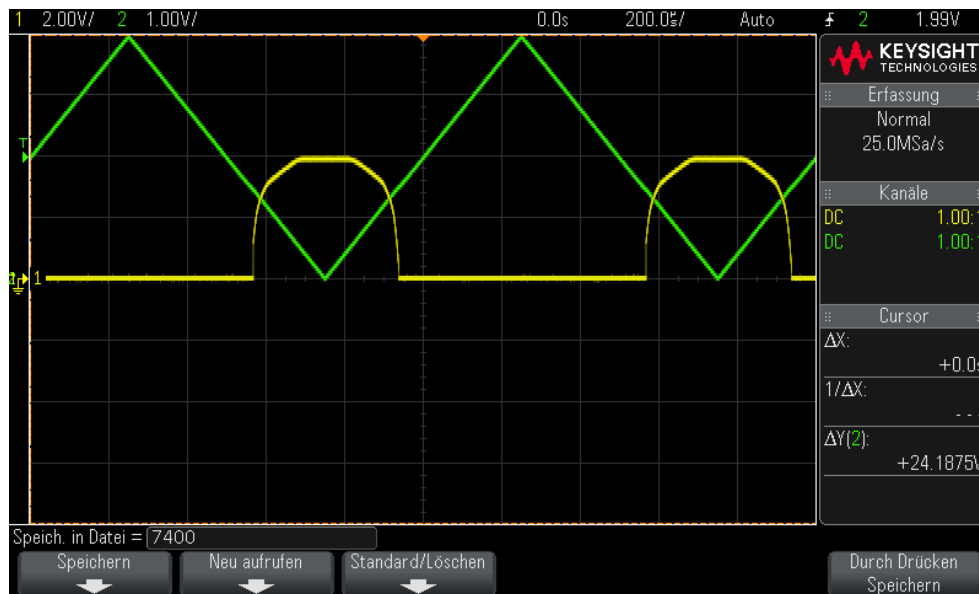


Abbildung 4: Ein-(Gelb) und Ausgangsspannung (Grün, 7400) in der normalen Zeitdarstellung

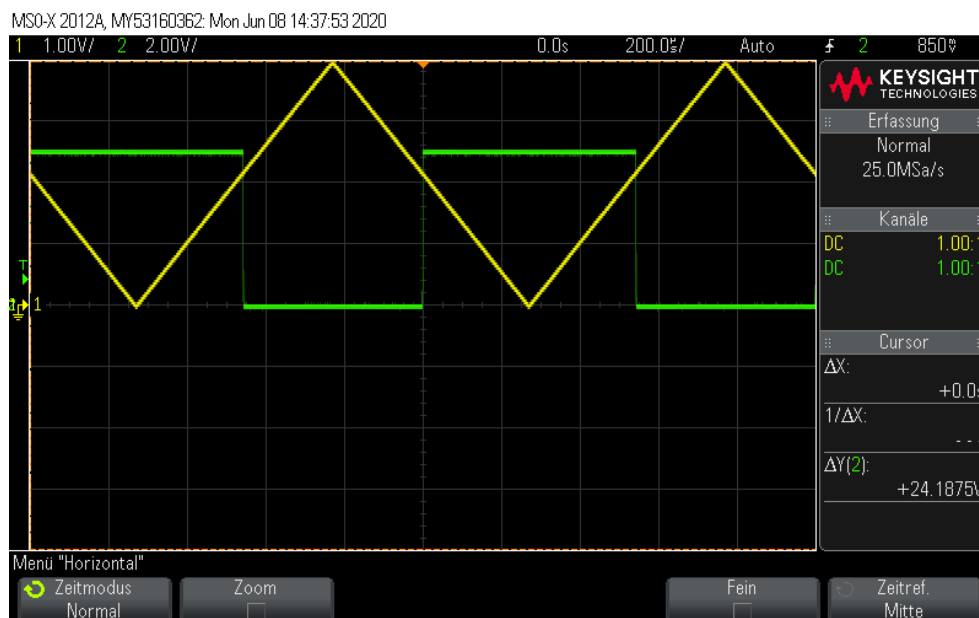


Abbildung 5: Ein-(Gelb) und Ausgangsspannung (Grün, 4011) in der normalen Zeitdarstellung

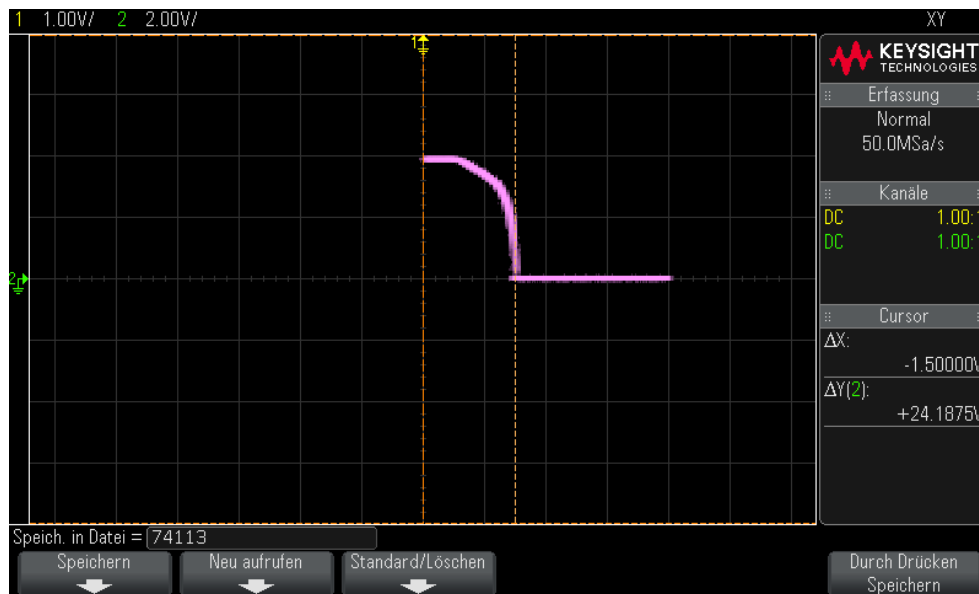


Abbildung 6: Übertragungskennlinie des 7400 TTL-Gatters

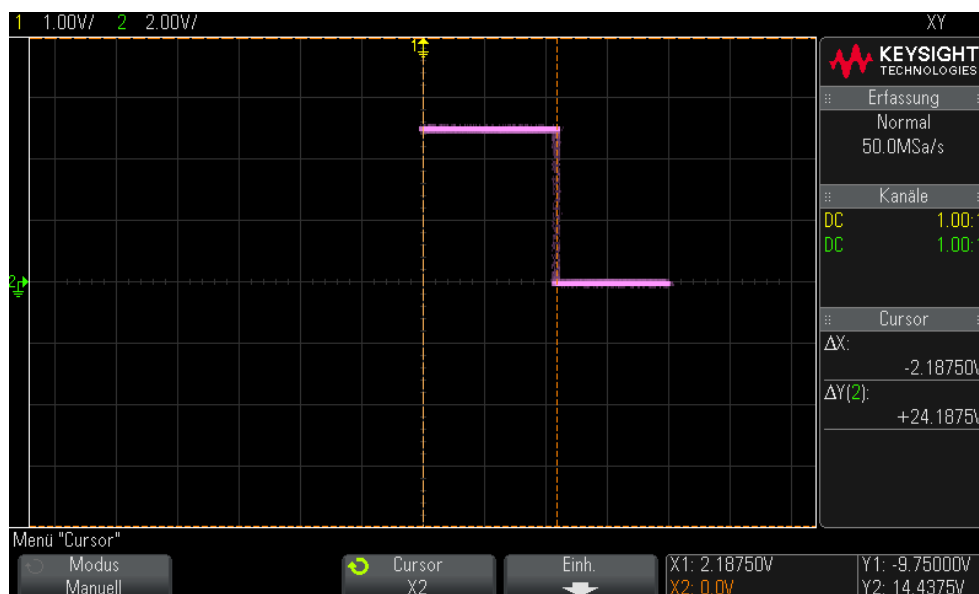


Abbildung 7: Übertragungskennlinie des 4011 CMOS-Gatters

Man erkennt die gewöhnliche „Stufung“ in der Übertragungskennlinie des 7400 TTL-Gatters. Die Kennlinie des CMOS-Gatters enthält, wie erwartet,

Familie	Verzögerungszeit, gemessen / ns	Verzögerungszeit, Datenblatt (SNx00, max. Werte) / ns
7400	56.3	22
74LS00	43.8	15
74ALS00	30.5	15
74HC	48.4	23
74HCT	46.9	25
74F00	18.1	6
4011	570	250

Tabelle 4: Mess- und Datenblattwerte der Verzögerungszeit verschiedener Schaltkreisfamilien

einen steileren Übergang und somit eine diskretere Unterscheidung zwischen HIGH-und LOW (Cursor zeigen die Schaltschwellen).

5 Gatterverzögerungszeiten

Es wurden die Gatterverzögerungszeiten verschiedener Schaltkreisfamilien mithilfe der Delaymessung des Oszilloskops ermittelt, die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zu sehen.

Für jede Familie wurde dann der entsprechende Maximalwert des *propagation delays* (t_{pd}/t_{PLH}), wie er in den Datenblättern der jeweiligen Familie (für Hersteller TEXAS INSTRUMENTS, jeweils NAND Gatter) angegeben ist, zum Vergleich herausgesucht. Dies sind nur Schätzwerte, da die genauen Testbedingungen nicht bekannt sind, es zeigt jedoch signifikante Abweichungen der gemessenen und in den Datenblättern angegebenen Werte, welche möglicherweise auf die Alterung der Schaltkreise zurückzuführen sind, die Beziehungen der Schaltkreisfamilien untereinander bleiben jedoch annäherungsweise bestehen.

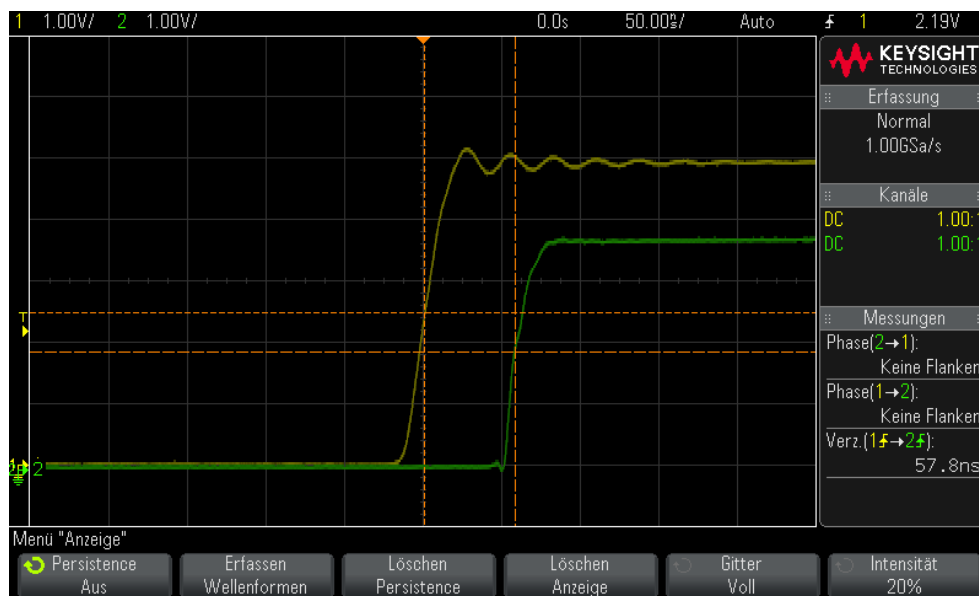


Abbildung 8: Messung der Verzögerungszeit am Oszilloskop (7400)