

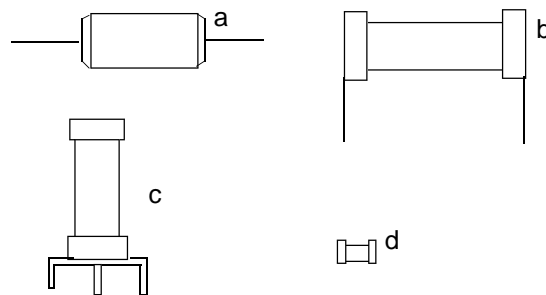
Lösungen zum Elektronik–Praktikum

VERSUCH 1 – GRUNDLAGEN MESSEN.....	2
<i>Versuch 1.1 – Strom/Spannungsrichtig</i>	2
<i>Versuch 1.2. – Meßbrücke</i>	2
<i>Versuch 1.3</i>	2
<i>Versuch 1.5 Schalter</i>	3
VERSUCH 2 – HALBLEITER.....	4
<i>Versuch 2.1 – Diodenkennlinien</i>	4
<i>Versuch 2.2 – Gleichrichtung und Stabilisierung</i>	5
<i>Versuch 2.5</i>	5
VERSUCH 3 – OPV.....	7
<i>Versuch 3.1 –invert</i>	7
<i>Versuch 3.2 – nicht invert</i>	7
<i>Versuch 3.3 – Offsetkompensation</i>	7
<i>Versuch 3.5 – Komperator</i>	8
<i>Versuch 3.6 Sinus–Oszillator</i>	8
VERSUCH 4.....	9
<i>Versuch 4.1 Tiefpaß</i>	9
<i>Versuch 4.2 Der Hochpaß</i>	10
<i>Versuch 4.3 Der Bandpaß</i>	10
<i>Versuch 4.4</i>	11
VERSUCH 5 – VIERPOLE.....	11
<i>Versuch 5.1</i>	11
<i>Versuch 5.2</i>	12
<i>Versuch 5.3 – Aktiver Vierpol / Emittterverstärker</i>	13
<i>Versuch 5.4 – Übertrager</i>	14
VERSUCH 6 – KOMBINATORISCHE SCHALTUNGEN.....	15
<i>Versuch 6.1</i>	15
VERSUCH 7 – SEQUENTIELLE SCHALTUNGEN.....	15
<i>Versuch 7.1 – RS – FF</i>	15
<i>Versuch 7.2 – D – FF</i>	15
<i>Versuch 7.3 – JK – FF</i>	16
<i>Versuch 7.4 – mono Flop</i>	16
VERSUCH 8.....	16
VERSUCH 9.....	17
9.2 <i>Single – Slope – Wandler</i>	17
9.3 <i>Das Abtasttheorem</i>	18
<i>Versuch Solarzelle</i>	19
<i>Versuch 10.5</i>	19
<i>Versuch 10.6</i>	19

Versuch 1 – Grundlagen Messen

Versuch 1.1 – Strom/Spannungsrichtig

- * Widerstandsformen (grob unterteilt in veränderliche / fest einstellbare / feste R)
 - Schichtwiderstände (Kohle / Metall)
 - Drahtwiderstände (Festzementierte Drahtwiderstände)
 - Stoffwiderstände (Kabel)
- * Bauform von Schichtwiderständen (= charakteristische Anschlußart und Montageform)
 - zylindrisch, ohne Kappen mit axialen Drahtanschluß (a)
 - Widerstände mit radialen Lötflächenanschluß ($R > 1\Omega$) (b)
 - Widerstände senkrecht zur Leiterplattebestückung (c)
 - SMD – Widerstände (d)

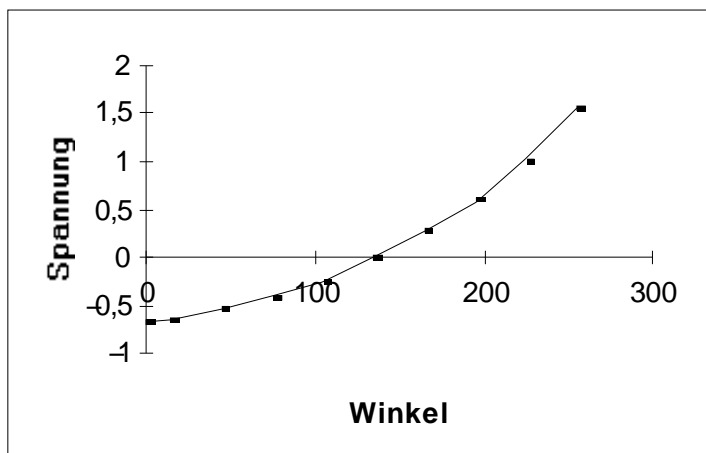


Versuch 1.2. – Meßbrücke

trivial, siehe Vorabbeschreibung

Versuch 1.3

α (linksanschlag)	0	15	45	75	105	135	165	195	225	255
U_B in V	-0,67	-0,64	-0,55	-0,40	-0,25	0,01	0,28	0,59	1,02	1,56
R_{Poti}	max.									



Schaltung nach Aufgabenstellung,
Poti 10k lin, 270°,
alle R =4.7 K

Tabelle zur Messung, Poti mit 30° Teilung

resultierende Grafik
Bemerkung: Kurve nicht linear!

Für $R_1(\alpha)=R_4(\alpha)$

$$U_B=U_e \cdot (R_2-R_1(\alpha)) / (R_2 + R_1(\alpha))$$

Dauer für Versuch: 20 Minuten

Versuch 1.5

Schaltung nach Aufgabe (zwei Beispiele)

(1) Black – Box enthält eine Luftspule

$L=0,12\text{mH}$

eingestellt:

Frequenz $f = 543 \text{ KHz}$

➔ geeignete z.B. $f=100\text{KHz}$

Oszillogramm nebenstehend

CH1 = U_e

CH2 = U_{Box}

Berechnet:

$U_e = 1,37\text{V}$

$U_L = 0,17\text{V}$

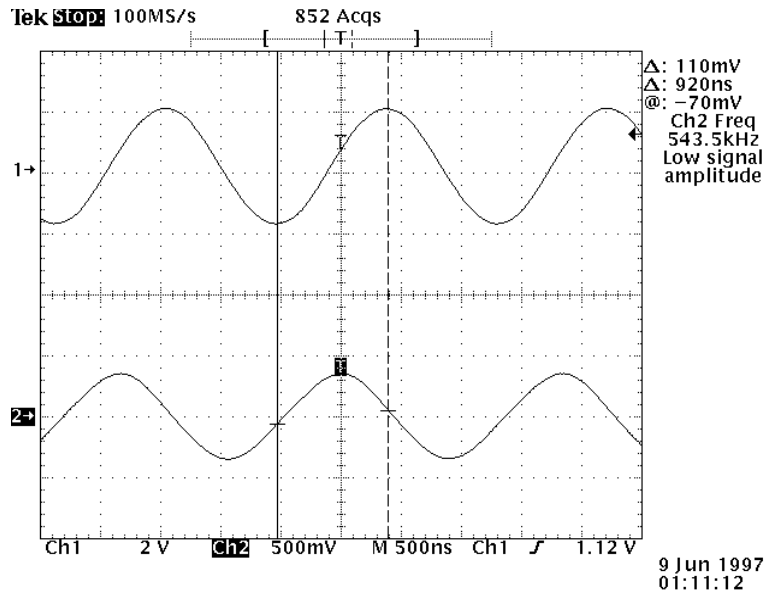
➔ $U_R = 1,36\text{V}$

$U_R^2 = U_e^2 - U_L^2$

$\cos \phi = U_R / U = R / Z$

$Z^2 = R^2 + X_L^2$

$L = X_L \omega^{-1} = 83^{-6} \text{ H} = 0,083\text{mH}$



(2) Black – Box enthält Kondensator

$C = 100\text{nF}$, Keramik

gemessen:

$U_e = 1,41\text{V}$

$U_C = 0,212\text{V}$

$f=5,578\text{KHz}$

Berechnet

➔ $U_R = 1,39\text{V}$

$X_C = 336 \Omega$

$C = 85 \text{ nF}$

Inhalt der jeweiligen Versuchsboxen:

Box 1 $L=0,33\text{mH}$

Box 2 $L = 0,33\text{mH}$

Box 3 $L = 0,12\text{mH}$

Box 4 $L = 0,47\text{mH}$

Box 5 $L = 0,15\text{mH}$

Box 6 $L = 0,22\text{mH}$

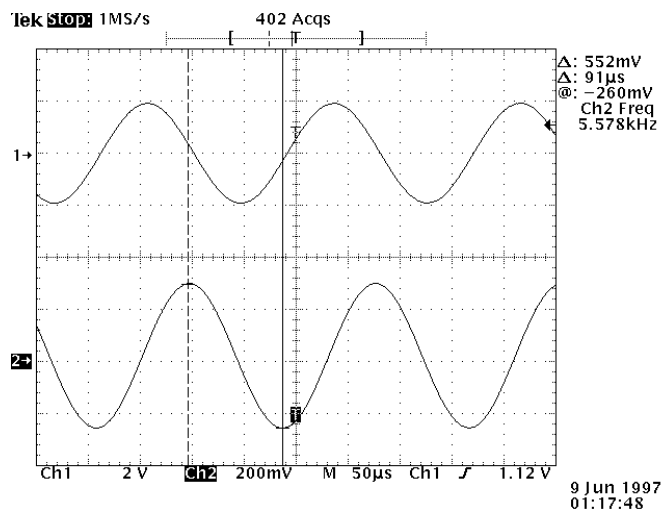
Box 7 $C = 0,1\mu\text{F}$

Box 8 $C = 0,15\mu\text{F}$ (MKS2)

Box 9 $C = 0,22\mu\text{F}$

Box 10 $C = 2 \times 0,22\mu\text{F} = 0,44\mu\text{F}$

Dauer für Versuch: 30 Minuten

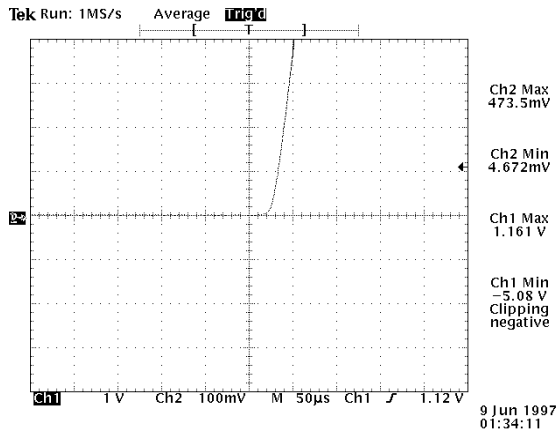


Versuch 2 – Halbleiter

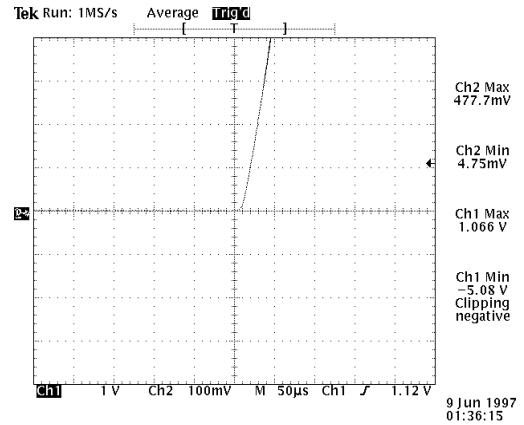
Versuch 2.1 – Diodenkennlinien

Schaltung lt. Aufgabe

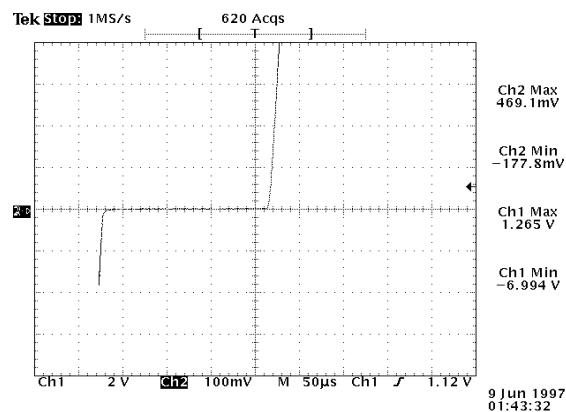
– Diode 1N4148



– Diode BAT 41



– Diode ZPD 6.8



U_z wird i.allg. für $I_z=5mA$ angegeben.

Die Zenerspannung hängt von der Dicke der Sperrschicht ab. Durch entsprechende Dottierung kann sie auf jeden beliebigen Wert eingestellt werden.

Wir unterscheiden zwischen Zener-Effekt (für Z-Spannungen $< 4,7V$) und dem Lawinen-Effekt (für Z-Spannungen $> 5V$, auch Avalance-Effekt genannt) der für den Durchbruch verantwortlich ist.

Zener-Effekt = die bei Halbleitern vorherrschende innere Feldemission, d.h. ab einen kritische Wert der Spannung (anliegende Feldstärke an der Sperrschicht)

gelangen Elektronen infolge des quantenmechanischen Tunneleffektes von dem Valenzband in das Leitungsband (=innere Feldemission). Die Folge ist eine starke Leitfähigkeitserhöhung.

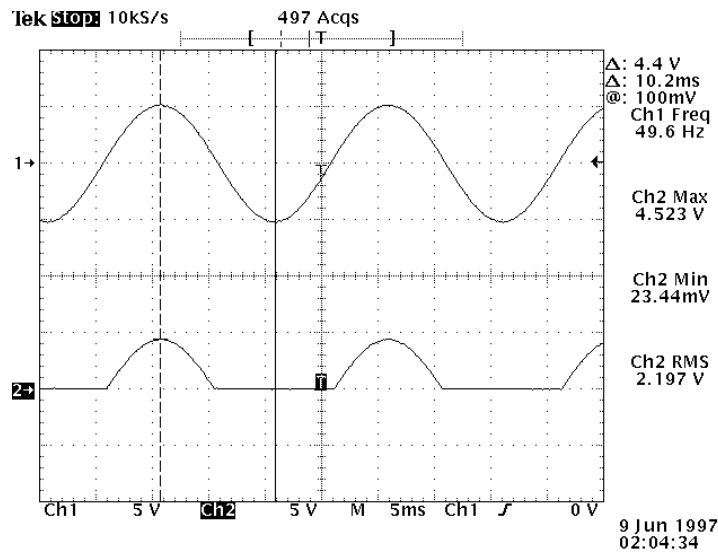
Lawinen-Effekt= vergleichbar mit Lawinen-Effekt in Elektronen-Röhren (Dioden).

Dauer für Versuch: 20 Minuten

Versuch 2.2 – Gleichrichtung und Stabilisierung

1. Fall U_e , U_{R1} mit $C = 0F$

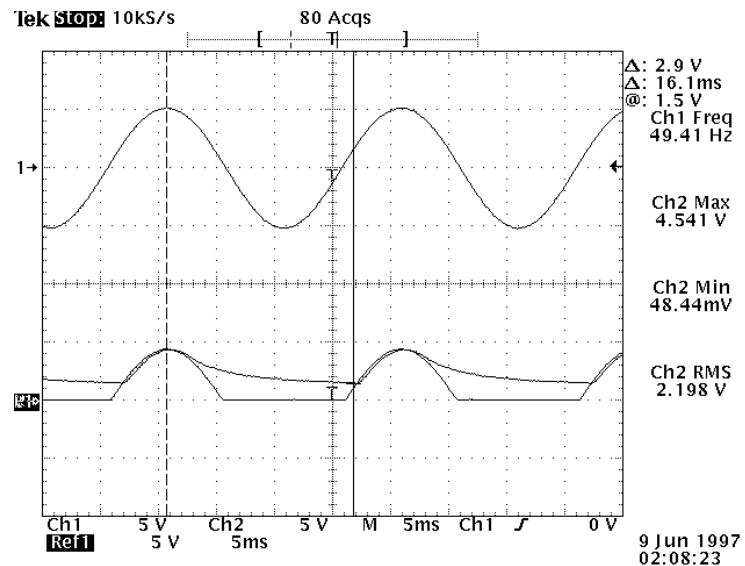
$$\begin{aligned} \text{CH1} &= U_e \\ \text{CH2} &= U_{R1} \end{aligned}$$



2. Fall U_e , U_{R1} mit $C = 4,7\mu F$

$$\begin{aligned} \text{CH1} &= U_e \\ \text{CH2 und REF1} &= U_{R1} \\ &\text{jeweils mit/ohne C} \end{aligned}$$

man kann gut das Aufladen des Kondensator verfolgen, Aufladen etwas $U_{R1,C}$ etwas später, wegen $U_{F \text{ der Diode}} + U_C = U_e$!



Versuch 2.4

U_{TO} ca. 1,8 Volt

Transistor ist selbstsperrend (enhancement) N-Kanal

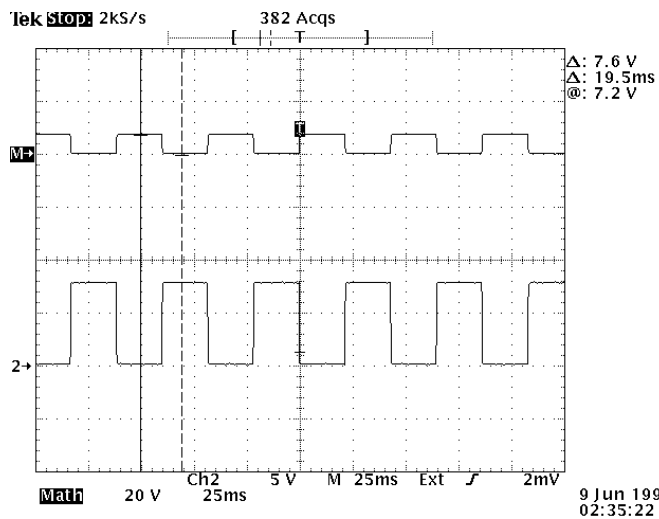
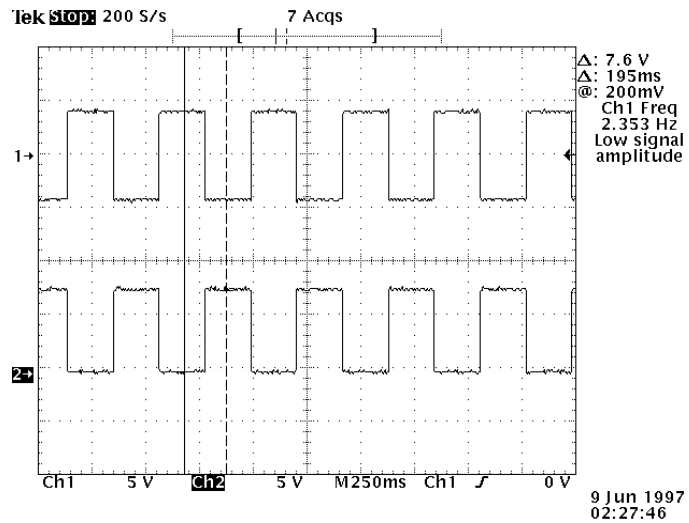
Versuch 2.5

Schaltung lt. Aufgabe:

$$\text{CH1} = U_e$$

$$\text{CH2} = U_{CE}$$

gut zu sehen, Schaltung entspricht einem Inverter (Ausgang U_{CE})
Fkt. Eingang/LED entspricht Verstärker



Oszillogramm Strom über $R_4 = \text{CH Math}$

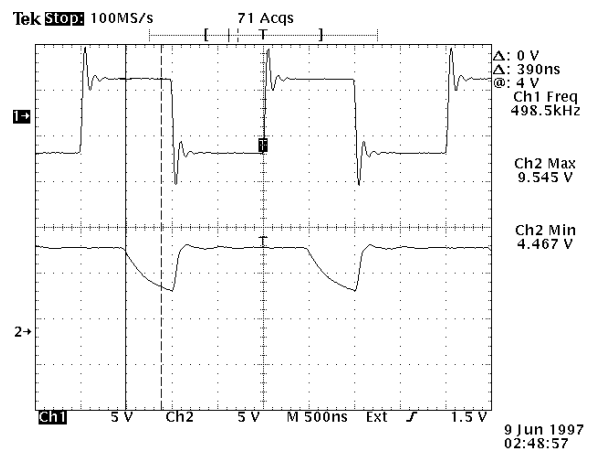
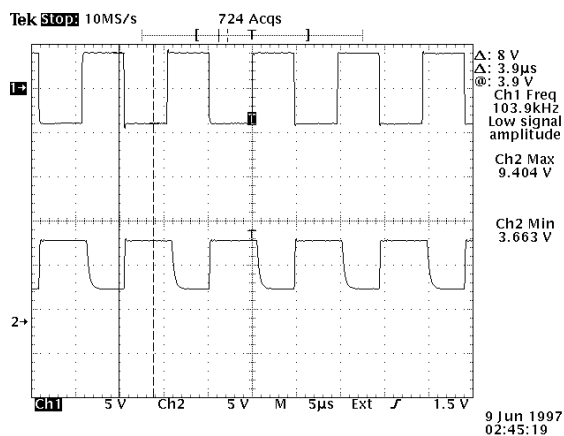
$$\text{CH2} = U_{CE}$$

$$\text{MATH} = \text{CH1} - \text{CH2}$$

$$\text{CH1} = U_{CE} + U_{R4}$$

$$I_{R4} = U_{\text{MATH}} / R_4$$

nun $R_L = 100 \text{ Ohm}$



Weiter wurden Oszillogramme für $f=1\text{k}, 20\text{k}, 100\text{k}, 250\text{k}, 500\text{k}, 1\text{MHz}$ aufgenommen

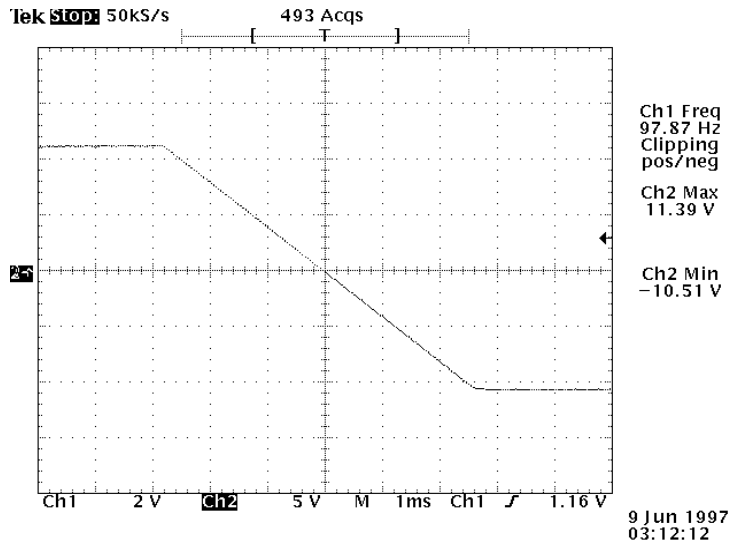
Dauer für Versuch 35 Minuten

Versuch 3 – OPV

Versuch 3.1 –invert.

Kennlinie invert. Verstärker OPV

Sättigungspunkt gut erkennbar!
Bei ca. $U_B=1,5V$

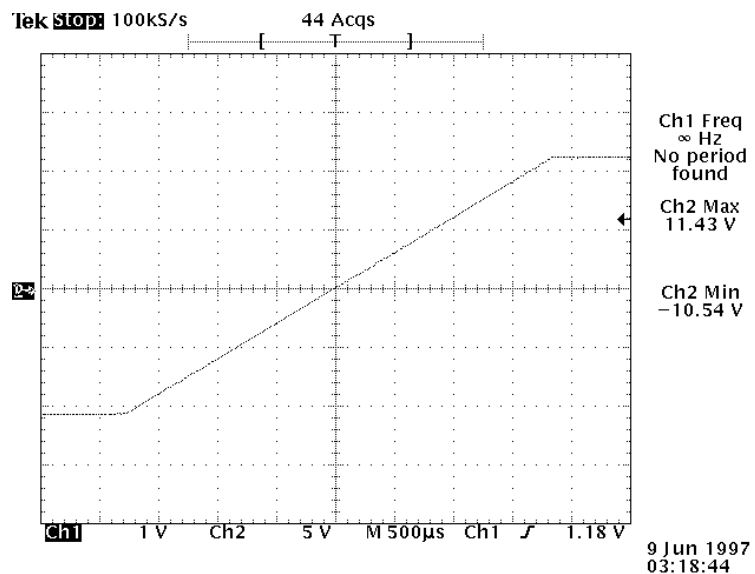


Dauer des Versuch: 15 Minuten

Versuch 3.2 – nicht invert.

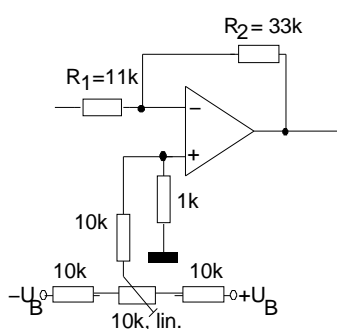
Kennlinie nicht invert. Verstärker

Sättigungspunkt von +max und
-max ist unterschiedlich!



Dauer des Versuch: 10 Minuten

Versuch 3.3 – Offsetkompensation



Offset bei Kurzgeschlossenem Eingang $U_a = 10mV$
Einstellbereich über $\pm 70mV$ sehr feinfühlig auf $0,1mV$ möglich!

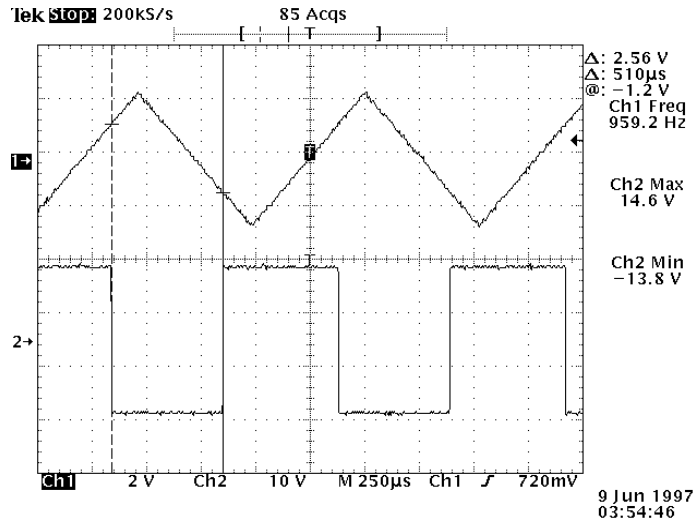
Ziel erreicht!

Dauer des Versuch 15 Minuten

Versuch 3.5 – Komperator

CH1 = U_1 (Dreieck)

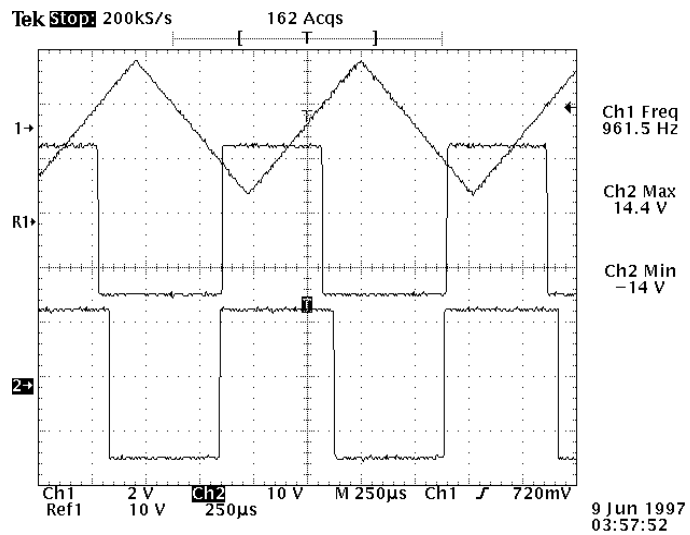
CH2 = U_2 (Ausgang OPV)



REF1 = U_a mit Diode

CH2 = U_a ohne Diode

CH1 = U_e



Dauer des Versuch: 25 Minuten

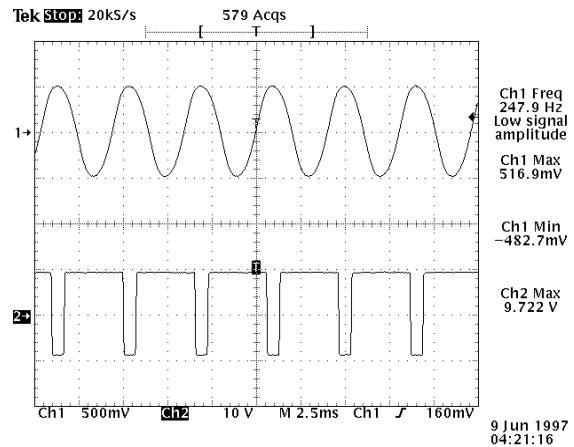
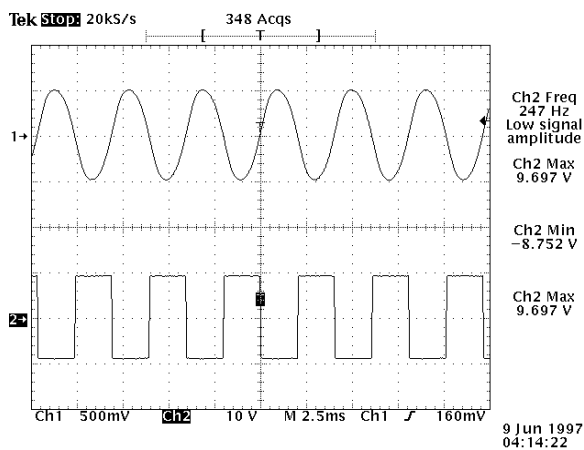
Versuch 3.6 Sinus-Oszillator

CH1 = U_1 Sinus

CH2 = U_2 Komparator out

CH1 = U_1 (Sinus out)

CH2 = U_2 bei $U_3 = 0,449V$ (mit Poti erzeugt)



Die Schaltung stellt einen einfachen Wien-Brücken-Oszillator mit Operationsverstärker dar. (Ohne Offset und Frequenzkompensation) Da das Netzwerk (R_1, R_2, C_1, C_2) keine Phasendrehung aufweist (bei f_o), wird es an den nicht invertierenden Eingang des OPV angeschlossen. Die mitgekoppelte Spannung beträgt $\frac{1}{3}$ der Ausgangsspannung; Die Verstärkung der OPV-Schaltung wird entsprechend niedrig eingestellt. Dazu dient das Gegenkopplungsnetz R_3 und R_5 am invertierenden Eingang. Die durch den ohmschen Spannungsteiler eingestellte Verstärkung ist somit etwas größer als 3. Einem unzulässigen Anstieg wird durch die beiden Dioden und R_4 entgegengewirkt. Steigt die Ausgangsspannung, so wird die Verstärkung zunehmend kleiner, weil der Stromfluß durch die Dioden ansteigt. Die Dioden ersetzen hierbei speziell sogar je eine Z-Diode mit 0,7V Zenerspannung.

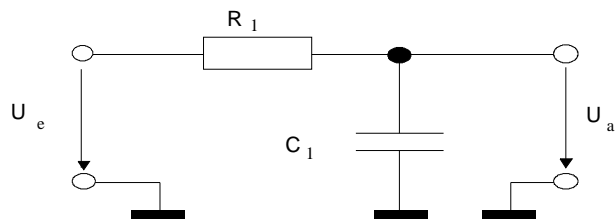
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$$

Wien-Brücken-Oszillatoren eignen sich besonders für durchstimmbare NF-Generatoren., wobei immer jeweils zusammen die Kapazitäten, oder die Widerstände verändert werden, um die Frequenz f_o zu ändern.

Dauer des Versuch: 35 Minuten

Versuch 4

Versuch 4.1 Tiefpaß



$R = 10 \text{ k } \Omega$

$C_1 = 15 \text{ nF}$ (z.B Typ KDPU)

$U_e = 2 \text{ V}$ (effektiv)

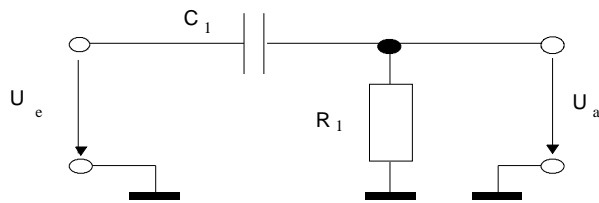
Tabelle

$U_{\text{eff in}} = 2\text{V}$, $t = \text{nacheilend}$, also CH1 vor CH2, Winkel berechnet mit $\phi = 360 \cdot \Delta(t) \cdot f \cdot 10^{-6}$

f in Hz	50	105	154	200	300	400	500	700	1000	1500	2500	4000	10000	20000	42000
$\Delta(t)$, s	750µs	550µ	500µ	500µ	400µ	340µ	240µ	260µ	200µ	150µ	90µ	60µ	25µ	12µ	6µ
$U_{\text{eff out}}$ in V	1,97	1,92	1,84	1,71	1,5	1,29	1,13	0,9	0,66	0,44	0,26	0,165	0,07	0,036	0,019
Winkel in °	13,5	20,8	27,72	36	43,2	48,96	43,2	65,52	72	81	81	86,4	90	86,4	90,72

Zeitbedarf ca. 35min

Versuch 4.2 Der Hochpaß



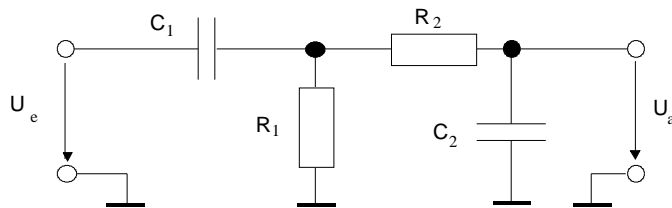
$R = 10\text{ k } \Omega$
 $C_1 = 15\text{ nF}$ (z.B Typ KDPU)
 $U_e = 2\text{ V}$ (effektiv)

Tabelle:

f in Hz	44	100	200	300	500	700	2000	10000
$\Delta(t)$, s	5,5m	2,1m	0,84m	0,48m	0,21m	0,1m	0,025m	0,001m
$U_{\text{eff out}}$ in V	0,26	0,57	1,07	1,38	1,66	1,8	1,92	2
Winkel in $^\circ$	87,12	75,6	60,48	51,84	37,8	25,2	18	3,6

Zeitbedarf ca. 30 min

Versuch 4.3 Der Bandpaß

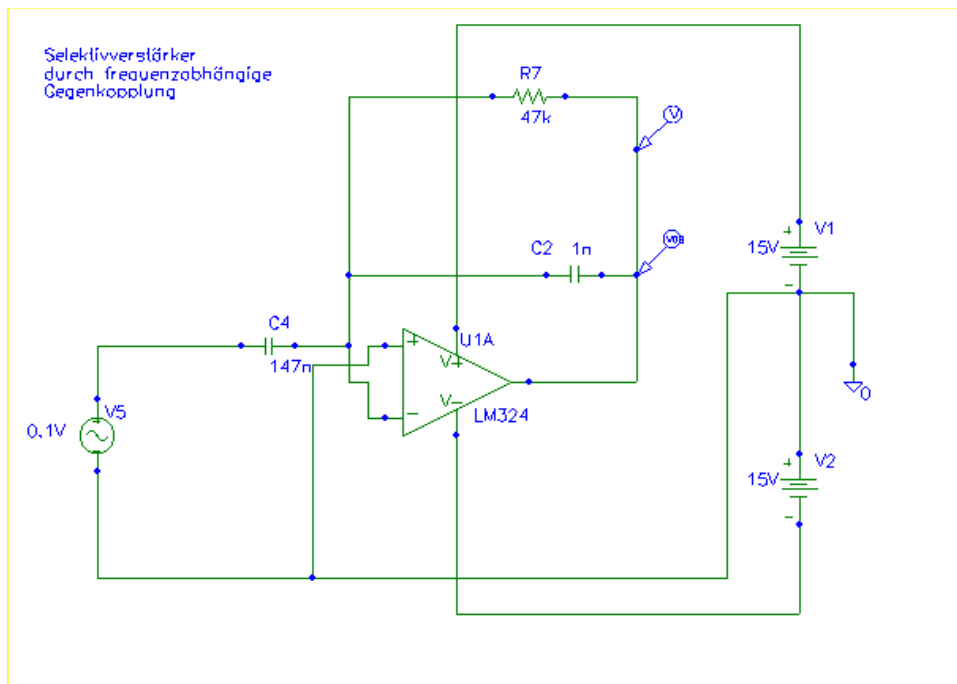


$R_1 = 10\text{ k } \Omega$
 $R_2 = 10\text{ k } \Omega$
 $C_1 = 47\text{ nF}$
 $C_2 = 100\text{ nF}$
 $U_e = 2\text{ V}$ (effektiv, sinus)

f in Hz	40	100	150	200	300	400	600	1000	2000	5000
$\Delta(t)$ in s	-3,8m	-0,7m	-0,2m	0	0,13m	0,16m	0,135m	0,13m	0,09m	0,044m
$U_{\text{eff out}}$ in V	0,2	0,342	0,37	0,38	0,38	0,36	0,32	0,25	0,14	0,064
Winkel in $^\circ$	-54,7	-25,20	-10,80	0,00	14,04	23,04	29,16	46,80	64,80	79,20

Zeitbedarf ca. 25min

Versuch 4.4



Die Lösung zu der Aufgabe folgt trivial aus der Gleichung zum nicht invertierenden OPV

$$U_a = - R_g / R_i * U_{in}$$

mit R_g und R_i frequenzabhängig folgt schon die Bandpaßwirkung.

Die Verstärkung ist lediglich durch einen Parallelwiderstand zu R_g herzustellen.
Ein Reihenwiderstand zu R_i ist nicht zwingend notwendig.

Versuch 5 – Vierpole

Versuch 5.1

Für alle Widerstände $R=1k\Omega$ ergibt sich nach

Dreieck \rightarrow Stern Transformation $R=1/3 k\Omega$ für die neuen Sternwiderstände ($R_{x1} = 1k * 1k / (1k + 1k + 1k)$)

Somit ergibt sich:

$$R_{in} = R_{aus} = R_{x1} + ((1k + R_{x1}) \parallel R_{x1}) = 599\Omega \quad (\text{sowie gemessen } 595 \Omega)$$

allgemein:

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 599 & 750 \\ 750 & 599 \end{bmatrix}$$

Eingangswiderstand:	$z_{11} = U_1 / I_1$		$U_2 = 0$
Ausgangswiderstand:	$z_{22} = U_2 / I_2$		$U_1 = 0$
	$z_{12} = U_1 / I_2$		$I_1 = 0$
	$z_{21} = U_2 / I_1$		$I_2 = 0$

Wellenwiderstand, für symmetrischen Vierpol:

$$Z_w = \sqrt{Z_{leer} \cdot Z_{kurz}}$$

Wenn man einen Vierpol analysiert, so kann man seine Vierpolparameter bestimmen, nicht jedoch seine innere Verbindungsstruktur (genau). Diese kann bestimmt werden, indem man "reinschaut".

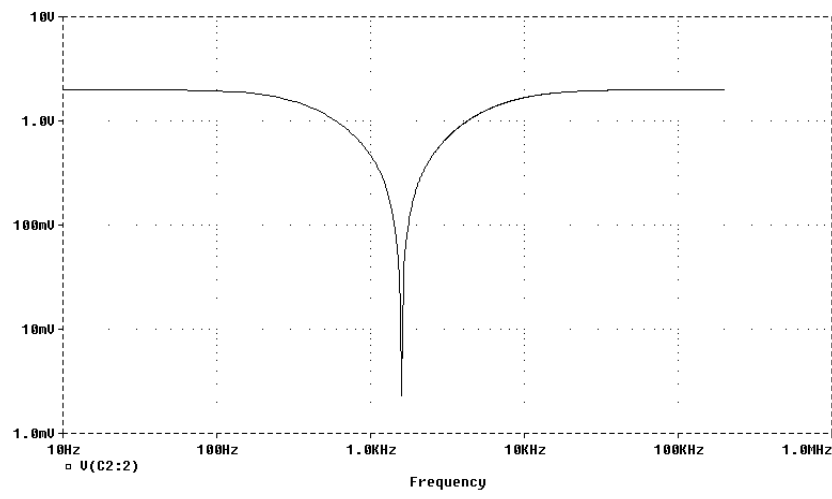
Versuch 5.2

Es gilt für die Resonanzfrequenz:

$$f_r = 1 / (2 \pi R C)$$

Nebenstehend die Übertragungskennlinie (log)

$$|A(j\omega)| =$$



Versuch 5.3 – Aktiver Vierpol / Emitterverstärker

1. Messung des Ausgangswiderstandes

Hierzu Ausgang mit zwei verschiedenen Widerständen belasten und aus Differenz des Stromes und der Spannung den Widerstand bestimmen.

Frequenz f im folgenden immer $f = 1\text{kHz}$, Sinus!

BSP: Bestimmung des Ausgangswiderstand : $U_{in} = 200\text{mV}$ (Sinusamplitude)

dann für $R_L = 10\text{k}\Omega$

$$I_{out} = I_1 = 72,8\mu\text{A} \quad U_{out} = U_1 = 0,734\text{V} \quad (\text{Sinusamplitude, max})$$

und $R_L = 100\text{k}\Omega$

$$I_{out} = I_2 = 8,6\mu\text{A} \quad U_{out} = U_2 = 0,855\text{V} \quad (\text{Sinusamplitude})$$

$$\text{Ausgangswiderstand } R_{out} = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = 1884 \text{ Ohm}$$

(Für die Messung Kurzschluß/Leerlauf am Ausgang ergab sich $R_{out} = 2037\text{Ohm}$.)
(Eingangsstrom unabhängig vom Ausgangswiderstand.)

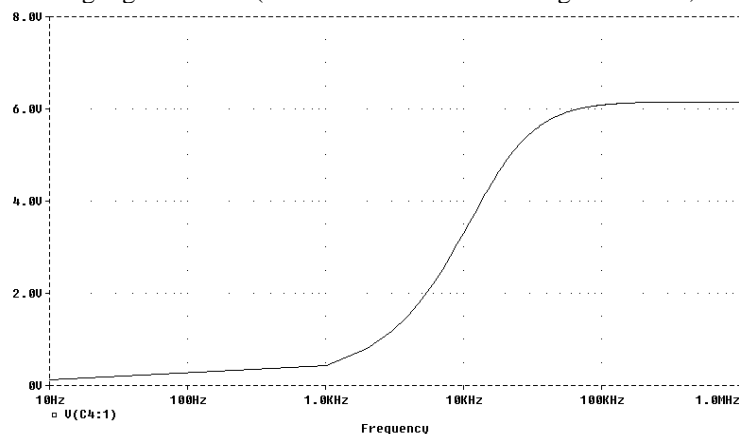
BSP : Bestimmung des Eingangswiderstandes

1. Messung $U_{in} = 0,2\text{V}$ (Sinusamplitude) $\rightarrow I_{in} = 8,83\mu\text{A}$
2. Messung $U_{in} = 0,3\text{V}$ (Sinusamplitude) $\rightarrow I_{in} = 13,2\mu\text{A}$

somit aus Differenz folgt $R_{in} = 22883\text{Ohm}$

(Aus Messung Kurzschluß/Leerlauf folgte übrigens $R_{in} = 22727\text{Ohm}$.)

Übertragungskennlinie (ab ca. 2KHz wird Steuerung schlechter, d.h. Sinus unförmiger)



Aus Kennlinie kann man nun sehr deutlich sehen, daß bei zu großer Amplitude U_{in} , hier ca. 0.3V, der Verstärker zu stark übersteuert. Für sehr kleine Amplituden jedoch bleibt die Sinusform erhalten ($U_{in} = 3\text{mV}$). Ab einer Frequenz $f = 3\text{MHz}$ sinkt der Verstärkungsfaktor dann wieder ab, gegen NULL.

Versuch 5.4 – Übertrager

Meßwerte

$f = 8\text{kHz}$, Sinus

Übertrager im Verhältnis 2:1 geschaltet, Leerlauf

Eingang

$$U_e = 2V_{ss}$$

$$I_a = 2,84\text{mA}$$

Ausgang

$$U_a = 1,2 V_{ss}$$

$$I_a = 0\text{mA}$$

$$M = U_a / I_e = 2 \pi f L \implies L = 2,9 \text{ mH}$$

Übertrager umgekehrt, Leerlauf, Verhältnis jetzt 1:2

Eingang

$$U_e = 2V_{ss}$$

$$I_a = 8,1\text{mA}$$

Ausgang

$$U_a = 3,9 V_{ss}$$

$$I_a = 0\text{mA}$$

$$M = U_a / I_e = 2 \pi f L \implies L = 3,3 \text{ mH}$$

R_e und R_a mit Ohmmeter messen (Ergebnis = 1Ω , $2,2\Omega$)

Aus den Werten nun noch L_1 und L_2 durch triviale Rechnung bestimmen!

Versuch 6 – kombinatorische Schaltungen

Versuch 6.1

– Schaltung stellt NAND dar.

Versuch 7 – sequentielle Schaltungen

Versuch 7.1 – RS – FF

Tabelle zu Schaltung 7.1 a (NOR)

A	B	Q	/Q
0	0	Q_n	$/Q_n$
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	0

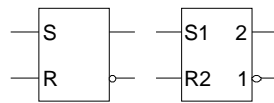
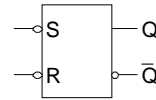


Tabelle zu Schaltung 7.1b (NAND)

A	B	Q	/Q
1	1	Q_n	$/Q_n$
0	1	1	0
1	0	0	1
0	0	1	1

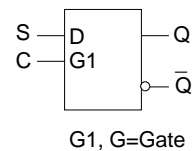


Versuch 7.2 – D – FF

Teil 1: – wie RS, jedoch nur bei R und S werden nur bei G (0 → 1 = high) akzeptiert

Teil 2: – nun normales statisches D – FF

D	G = C	Q
0	0	Q_{n-1}
1	0	Q_{n-1}
0	1	0
1	1	1



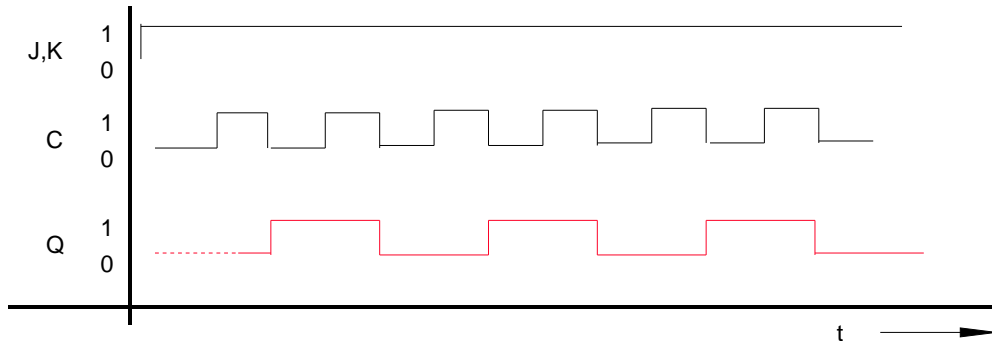
Teil 3:

– mit SN 7474 – D – FF (TTL)

/S	/R	C	D	Q	/Q
0	1	x	x	1	0
1	0	x	x	0	1
0	0	x	x	1	1
1	1	0φ1	1	1	0
1	1	0φ1	0	0	1
1	1	0	x	Q_{n-1}	$/Q_{n-1}$

Versuch 7.3 – JK – FF

Aufbau . nutze Oszi als Schreiber/Graph
 Frequenzgenerator $f = 0.5 \text{ Hz}$ ($f_{\text{max}} = 1\text{MHz}$)



FF – reagiert auf Flanke $1 \rightarrow 0$ (Wichtig !!! – da C1 negiert)

- Für Reset (CLR) = low, ist $Q=0$ (immer, asynchron)
- Ist CLR = 1, $J = K = 1$, so verhält sich JK-FF wie T-FF
- Ist CLR = 1, $J = 1, K = 0$, so wird Zustand von FF gehalten, ab Flanke CLK = $1 \rightarrow 0$
- Ist CLR = 1, $J = 0, K = 1$, so wird mit nächster Flanke CLK = $1 \rightarrow 0$ Reset ausgeführt mit $Q=0$

Tabelle 1 (JK – FF)

$\overline{\text{CLR}}$	$\overline{\text{CLK}}$	J	K	Q	$\overline{\text{Q}}$
0	x	x	x	0	1
1	$\overline{}$	0	0	Q_0	$\overline{Q_0}$
1	$\overline{}$	1	0	1	0
1	$\overline{}$	0	1	0	1
1	$\overline{}$	1	1	kippt	kippt
1	1	x	x	Q_0	$\overline{Q_0}$

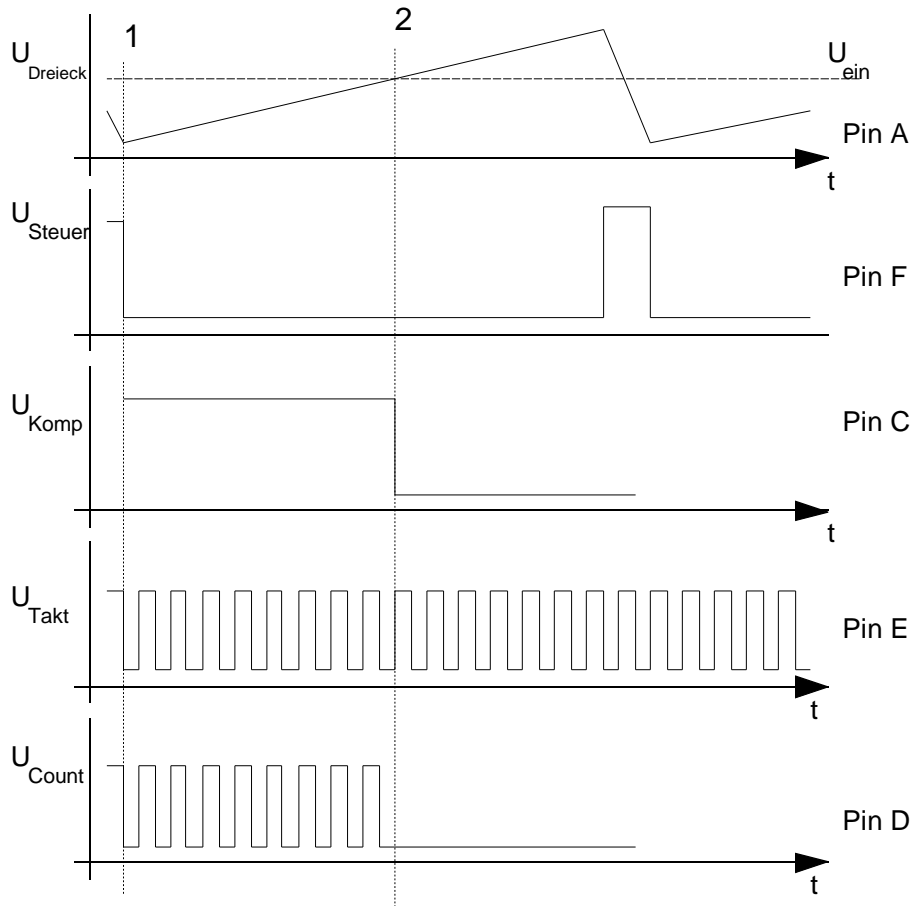
Versuch 7.4 – mono Flop

Versuch 8

8.1 Und 8.2 sind klassische Eingabeaufgaben \rightarrow Programmierfile *Vergleich.lif* und *test.lif*

Versuch 9

9.2 Single – Slope – Wandler

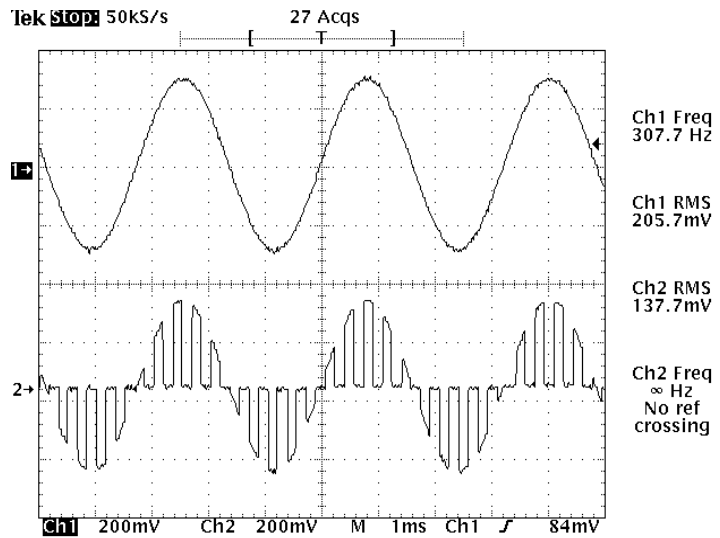


Graphen siehe Buch \rightarrow Grundlagen der Elektronik, Verlag Technik, Seite 156, 13. Auflage 1988

Bei jeder steigenden Flanke von U_{count} zählt der Zähler für Q0 bis Q3 aufwärts um je eins weiter.
Mit $U_{\text{steuer}} = \text{High}$, wird der Zählerausgang Q0 bis Q3 auf Null gesetzt.

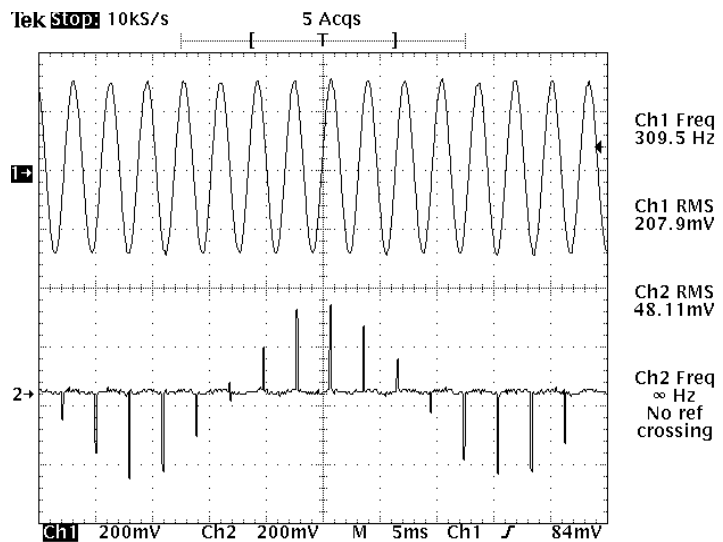
9.3 Das Abtasttheorem

Die Originale Frequenz CH1
 CH2 mit Abtastrate ca. 10 Samples/ λ



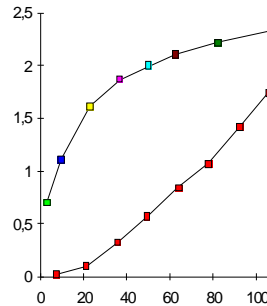
Abtastrate ca. 1.13 Samples/ λ
 somit ermittelte Frequenz 29.4 Hz
 Originalfrequenz 309,5Hz

Verbindet man die Meßpunkte zu einem Graphen, so erkennt man sehr deutlich die nun scheinbar entstandene andere Frequenz.



Versuch 10.4 Solarzelle

Grafik: – Ergebnis



Versuch 10.5

$R_1 = 1k$ (Poti)
 $R_2 = 470 \text{ Ohm}$
 $IC = 4N35$ (./ILD74x2)

$$I_c = U_{R2} / 470\text{Ohm}$$

Tabelle der Meßwerte:

I_F	30m A	25m A	20m A	15m A	10mA	8mA	5mA	3mA	2mA	1mA	0,5m A	0,25mA
U_{R2}	4,5V	4,3V	4,1V	3,9V	3,58V	3,4V	3,0V	2,15V	1,36 V	0,55V	0,17V	0,06V

Versuch 10.6

LED ist an, wenn Magnetfeld wirkt. Aktive Richtung ist, wie PIN Anschluß, Kopfseite des IC, Hysterese ist vorhanden (Datenblatt = 2mT), Hysterese macht sich bemerkbar durch – Magnet sowie auf IC bewegen, bis LED an, dann wieder wegbewegen \Rightarrow LED bleibt noch an, bis Magnet ca. 3 mm entfernt wurde.

Konstruktionsskizze:

bei "Lücke" des Zahnrades wird Magnetfeld den IC "durchströmen", sonst aber nicht.

