

SKT Laborbericht

Versuch: Dioden

Andreas Hofmeier

Martikelnnummer: 94453

Semester: I 2.2

Versuchsgruppe: Axel Schmidt, Andreas Hofmeier

Professor: Rainer

Versuchsdatum: 05.05.2003

Abgabedatum: 19.05.2003

Ort der Durchführung: FH Bremen, Neustadtswall 30

Raum E507, Laborplatz 4

Zusammenfassung

Im ersten Versuch wurden die Strom/Spannungskennlinien von vier verschiedenen Dioden (Si-, Germanium-, Z- und Leuchtdiode) aufgenommen.

Im zweiten Versuch wurde eine Einweggleichrichtung mit einer Si-Diode und verschiedenen Stabilisierungskondensatoren ($C_1 = 0$ also kein Stabilisierungskondensator, $C_2 = 0.1\mu F$ und $C_3 = 10\mu F$) untersucht.

Im dritten Versuch wurden die Stabilisierungseigenschaften einer Zenerdiode untersucht.

Inhaltsverzeichnis

1	Darstellung der Strom-Spannungskennlinien	3
1.1	Versuchsaufbau	3
1.2	Versuchsdurchführung	3
1.3	Versuchsergebnisse	3
1.3.1	Sperrströme aus den aufgenommenen Diodenkennlinien .	3
1.3.2	direkt gemessene Sperrströme	4
2	Einweg-Gleichrichterschaltung mit Si-Diode	4
2.1	Versuchsaufbau	4
2.2	Versuchsdurchführung	4
2.3	Versuchsergebnisse	4
2.3.1	Ohne Stabilisierungskondensator	4
2.3.2	Mit Stabilisierungskondensator	5
2.3.3	Gemessener Stromflusswinkel	5
2.3.4	Berechneter Stromflusswinkel (ohne C)	5
3	Stabilisierungsschaltung mit der Z-Diode	6
3.1	Versuchsaufbau und Durchführung	6
3.2	Versuchsergebnisse	6
4	Messungen mit MultiSIM	7
4.1	Darstellung der Strom-Spannungskennlinien	7
4.2	Einweg-Gleichrichterschaltung mit Si-Diode	8
4.3	Stabilisierungsschaltung mit der Z-Diode	9
4.4	Abweichung der Simulation vom Versuch	10
5	Anhang	12
5.1	Versuchsprotokoll	12
5.2	aufgenommenen Diodenkennlinien	14
5.3	XY-Plot Einweg-Gleichrichterschaltung	16
5.3.1	ohne C	16
5.3.2	mit $C = 0.1\mu F$	18
5.3.3	mit $C = 10\mu F$	20
5.3.4	mit $C = 10\mu F$ – andere Skalierung	22

1 Darstellung der Strom-Spannungskennlinien

1.1 Versuchsaufbau

Die zu messende Diode wurde in Reihe mit einem Vorwiderstand ($1\text{K}\Omega$) an die veränderliche Spannungsquelle angeschlossen. Die Spannung am Vorwiderstand entsprach dem Strom, welcher durch die Diode floss. Umrechnung mittels $I = \frac{U}{R}$. Die Spannungen am Vorwiderstand und an der Diode wurden auf einen XY-Schreiber gegeben. Die entsprechende MultiSIM-Schaltung ist auf Seite 7 im Abschnitt 4.1 zu finden.

1.2 Versuchsdurchführung

Jede der vier Dioden wurde jeweils in Durchlass- und Sperrrichtung ausgemessen. Nach dem Einsetzen der Diode wurde die Eingangsspannung langsam erhöht. Die Eingangsspannung und der daraus resultierende Strom wurden mit Hilfe des XY-Schreibers festgehalten.

Desweiteren wurde der Sperrstrom bei einer Spannung von 5V bzw. 10V direkt (ohne die Strom/Spannungswandlung mit Widerstand) gemessen.

1.3 Versuchsergebnisse

Die mit dem XY-Schreiber aufgenommenen Diodenkennlinien sind im Anhang auf der Seite 14 im Abschnitt 5.2 zu finden.

1.3.1 Sperrströme aus den aufgenommenen Diodenkennlinien

In Durchlassrichtung weisen alle vier Dioden einen ähnlichen Graphen auf, mit dem Unterschied, dass der Durchbruch jeweils bei einer anderen, für die jeweilige Diode typischen Spannung stattfand. Der Anstieg des Durchlassstromes nimmt ab einer Spannung von etwa 0.2V vor der Nenndurchlassspannung exponentiell zu. Die Germanium-Diode hat im Vergleich die flachste Kennlinie, dicht gefolgt von der Leuchtdiode. Die steilsten Graphen weisen die Silizium- und die Z-Diode auf, wobei die Z-Diode ein wenig steiler ist. Aus den Diodenkennlinien wurden folgende Durchlassspannungs-Werte durch Anlegen der Tangente im Bereich von 10mA abgelesen:

Germanium-	Silizium-	Zehner-	Leucht-	Diode
0.30	0.66	0.74	1.58	Duchlassspannung in V

In Sperrrichtung brach die Z-Diode ziemlich genau bei ihrer Zenerspannung (10V) bei 10.3V durch. Ihr weiterer Verlauf ist sehr steil. Die Leuchtdiode brach bei ca. 19.6V, also weit nach Verlassen ihres Spezifikationbereiches (max 5V in Sperrrichtung) durch, wobei ihr weiterer Verlauf flacher ist als der der Z-Diode. Weder die Silizium- noch die Germanium-Diode lassen auf dem XY-Diagramm (bis 26V) einen Durchbruch erkennen.

1.3.2 direkt gemessene Sperrströme

Das direkte Messen der Sperrströme ergab:

Germanium-	Silizium-	Diode
2.9	0.0	Sperrstrom in μA bei 5V
4.4	0.0	Sperrstrom in μA bei 10V

Im Gegensatz zur Germanium-Diode lässt die Silizium-Diode auch bei höheren Sperrspannungen keinen messbaren Strom durch.

2 Einweg-Gleichrichterschaltung mit Si-Diode

2.1 Versuchsaufbau

An einen Frequenzgenerator, welcher auf $f = 2\text{kHz}$ und $U_{ss} = 6\text{V}$ eingestellt wurde, wurden in Reihe eine Si-Diode und ein $1\text{k}\Omega$ -Widerstand angeschlossen. Die Diode diente als Gleichrichterschaltung. Der Widerstand stellte eine Last dar. Zur Stabilisierung wurde parallel zum Lastwiderstand ein Kondensator geschaltet. Die Eingangs- und Ausgangsspannung wurden mit Hilfe eines Oszilloskops dargestellt, wobei die Eingangsspannung direkt vom Frequenzgenerator und die Ausgangsspannung am Lastwiderstand abgegriffen wurden. Das mit dem Oszilloskop aufgenommene Oszillogramm wurde dannach über ein Interface auf dem XY-Schreiber geplottet. Die entsprechende MultiSIM-Schaltung ist auf Seite 8 im Abschnitt 4.2 zu finden.

2.2 Versuchsdurchführung

Es wurden drei Messungen mit jeweils verschiedenem Stabilisierungskondensator durchgeführt: $C_1 = 0$ also kein Stabilisierungskondensator, $C_2 = 0.1\mu\text{F}$ und $C_3 = 10\mu\text{F}$

2.3 Versuchsergebnisse

2.3.1 Ohne Stabilisierungskondensator

Beim Weglassen des Stabilisierungskondensators ($C = 0\text{F}$) wird die eine Halbwelle abgeschnitten, da die Diode den Strom nur in eine Richtung durchlässt. Da die Diode erst ab ca. 0.7V leitend wird, schaltet sie erst, nachdem die Spannung etwa diesen Wert erreicht hat, durch. Dies führt dazu, dass die Spannung etwas später am Ausgang ankommt. Da an der Diode immer etwa 0.7V abfallen (sonst würde diese den Strom nicht durchlassen) ist die Amplitude um den Abfall an der Diode kleiner. Wenn die Eingangsspannung unter ca. 0.7V fällt, sperrt die Diode wieder, was dazu führt, dass die Spannung am Ausgang früher abfällt als am Eingang. Die Zeit, während Strom durch die Diode fließt, wird als Stromflusswinkel bezeichnet, bezieht sich auf eine Periode und ist bei Einweggleichrichtung immer kleiner als 180° .

2.3.2 Mit Stabilisierungskondensator

Wird ein Stabilisierungskondensator verwendet, glättet dieser die Ausgangsspannung. Das heißt, während die Diode Strom durchlässt, wird der Kondensator geladen und gibt seine Ladung während der Sperrzeit wieder ab. Der Aufladestrom verursacht bei der Messung mit $C = 10\mu F$ ein Einbrechen der Eingangsspannung (Durch den Ladestrom bedingter Spannungsabfall am Innenwiderstand des Frequenzgenerators), was sich am Abflachen der Eingangsamplitude bemerkbar machte. Wie gut die Glättung ist, hängt von der Größe der Kondensators und der Last ab. Ist der Kondensator im Vergleich zu Last groß genug, kann er genügend Strom liefern, während die Eingangsspannung sinkt und so die Spannung am Lastwiderstand konstant halten. Bei $C = 0.1\mu F$ ist eine deutliche Lade- bzw. Entladekurve des Stabilisierungskondensators erkennbar. Die Kapazität des Kondensators reicht also nicht, um die Last lange genug mit Strom zu versorgen. Bei $C = 10\mu F$ ist die Glättung schon erheblich besser. Die Spannung am Lastwiderstand ist nahezu konstant, der Kondensator kann also die "Lücken" problemlos ausfüllen. Ein Restwechselstromanteil bleibt jedoch immer zurück. Dieser kann durch Erhöhen der Empfindlichkeit des Oszilloskops sichtbar gemacht werden. Damit die Spannung nicht über den Bildschirm hinausgeht, muss man auf AC-Kopplung umschalten (so wird der Gleichspannungsanteil der zu messenden Spannung unterdrückt)

2.3.3 Gemessener Stromflusswinkel

Der Stromflusswinkel kann folgendermaßen bestimmt werden: $\alpha = \frac{\Delta t}{\tau/2} * 180^\circ$
 Wobei Δt die Zeit bzw. Länge während Strom durch die Diode fließt darstellt, also die Spannung an der Diode (Durchlassrichtung) größer als ca. 0.6V ist. Und $\tau/2$ die Zeit bzw. Länge einer Halbwelle. Das Ablesen der Stromflusswinkel ergab folgendes:

$$\begin{aligned}\alpha_{0\mu F} &= \frac{4.45cm}{5.1cm} * 180^\circ = 157^\circ \\ \alpha_{0.1\mu F} &= \frac{3cm}{5.1cm} * 180^\circ = 106^\circ \\ \alpha_{10\mu F} &= \frac{2.3cm}{5.1cm} * 180^\circ = 81^\circ\end{aligned}\tag{1}$$

2.3.4 Berechneter Stromflusswinkel (ohne C)

Die Rechnung mit $U_D = 0.7V$ ergibt:

$$\begin{aligned}\varphi &= \arcsin\left(\frac{U_D}{U_s}\right) \\ &= \arcsin\left(\frac{0.7V}{3V}\right) \\ &= 13.49 \\ \alpha &= 180^\circ - 2 * \varphi \\ &= 180^\circ - 2 * 13.49^\circ \\ &= 153^\circ\end{aligned}\tag{2}$$

Was eine Abweichung von ca. 2.5% darstellt.

3 Stabilisierungsschaltung mit der Z-Diode

3.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Eine Z-Diode wurde in Reihe mit einem Vorwiderstand $R = 1k\Omega$ an die Gleichspannungsquelle angeschlossen. Zuerst wurde ein Arbeitsstrom von 10mA durch die Z-Diode geschickt. Die dazu nötige Spannung ($U_{E-} = 21V$) wurde den Versuch über beibehalten. Nun wurde die Gleichspannungsquelle mit einer in Reihe geschalteten Wechselspannungsquelle ($U_{E\sim} = 16V_{ss}$), welche als Störgröße dient, erweitert. Die entsprechende MultiSIM-Schaltung ist auf Seite 9 im Abschnitt 4.3 zu finden.

Die Eingangsspannung und die Ausgangsspannung (Spannung an der Diode) werden mit Hilfe eines Oszilloskops dargestellt und gemessen.

3.2 Versuchsergebnisse

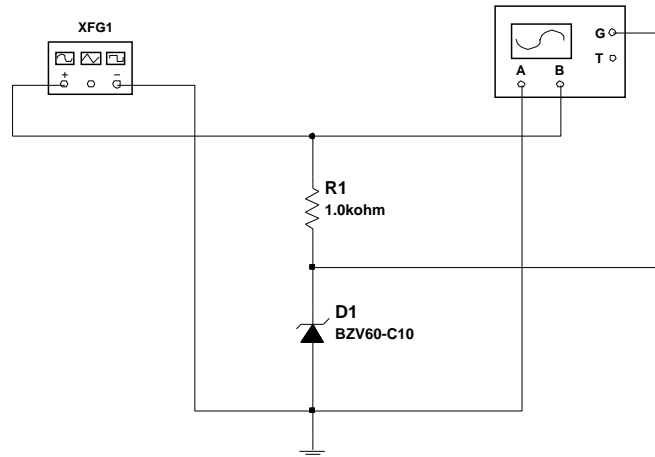
- $U_{E-} = 21V$
- $U_{E\sim} = 16V_{ss}$
- $U_{A-} = 10.35V$
- $U_{A\sim} = 60mV_{ss}$

$$\begin{aligned}
 G_{gemessen} &= \frac{\Delta U_E}{\Delta U_A} = \frac{U_{E\sim}}{U_{A\sim}} = \frac{16V_{ss}}{60mV_{ss}} \approx 267 \\
 S &= \frac{U_A}{U_E} * G = \frac{U_{A-}}{U_{E-}} * G = \frac{10.35V}{21V} * 267 \approx 131 \\
 G_{gerechnet} &\approx 1 + \frac{R_V}{r_Z} = 1 + \frac{1k\Omega}{\frac{0.1V}{24mA}} = 1 + \frac{1k\Omega}{4.2\Omega} = 241
 \end{aligned} \tag{3}$$

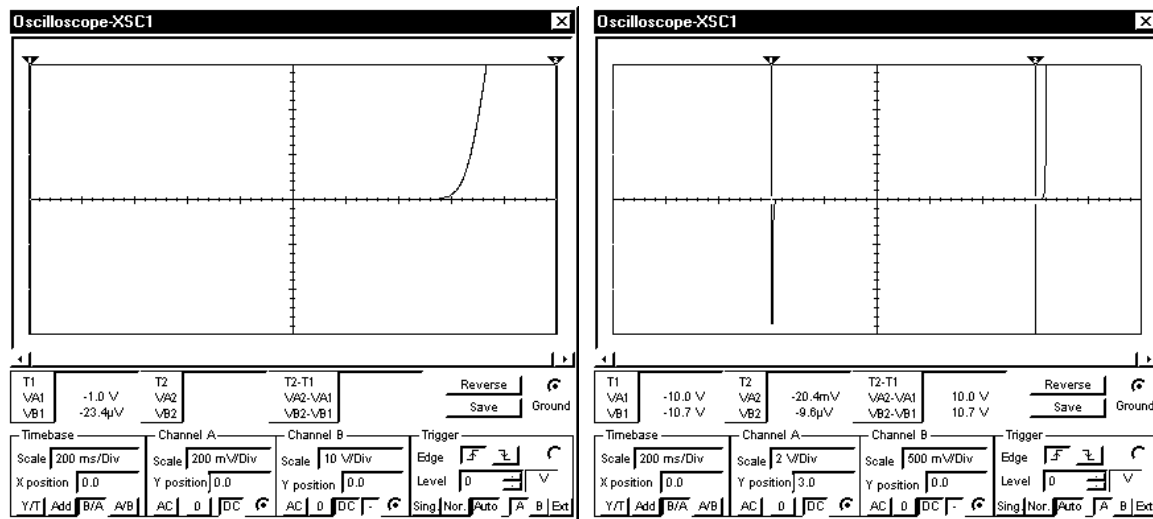
Die Abweichung von etwa 10% ergibt sich aus Mess- und Ableseungenauigkeiten. Das Ermitteln des dynamischen Z-Widerstandes aus den aufgenommenen Kennlinien ist zum Beispiel sehr Fehleranfällig, da zuerst eine Tangente an den Graph angelegt werden muss um die sehr steile Steigung (= kleinem Widerstand, ca. 4Ω) zu bestimmen.

4 Messungen mit MultiSIM

4.1 Darstellung der Strom-Spannungskennlinien



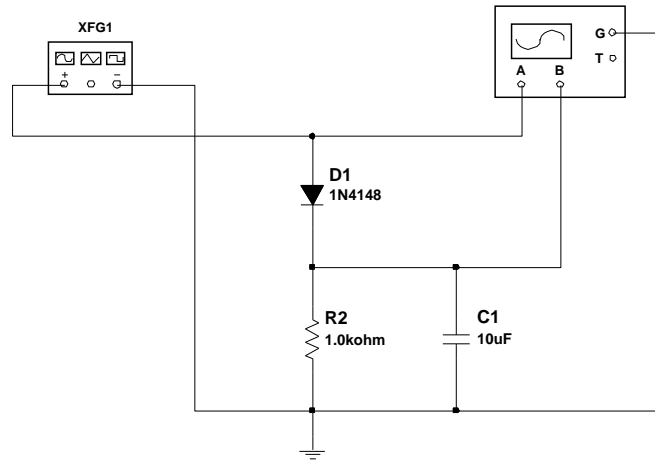
Die Schaltung wurde wie in 1. beschrieben in MultiSIM aufgebaut. Das Oszilloskope wurde im im XY-Modus betrieben. Der Funktionsgenerator lieferte eine Sägezahnspannung. Die Frequenz lag bei 1Hz, so dass die Kennlinie in einer angemessenen Zeit durchlaufen wurde. Die Spannung an der Diode wurde in X-Richtung und der Strom durch diese in Y-Richtung ($I = \frac{U}{R_1}$) aufgetragen.



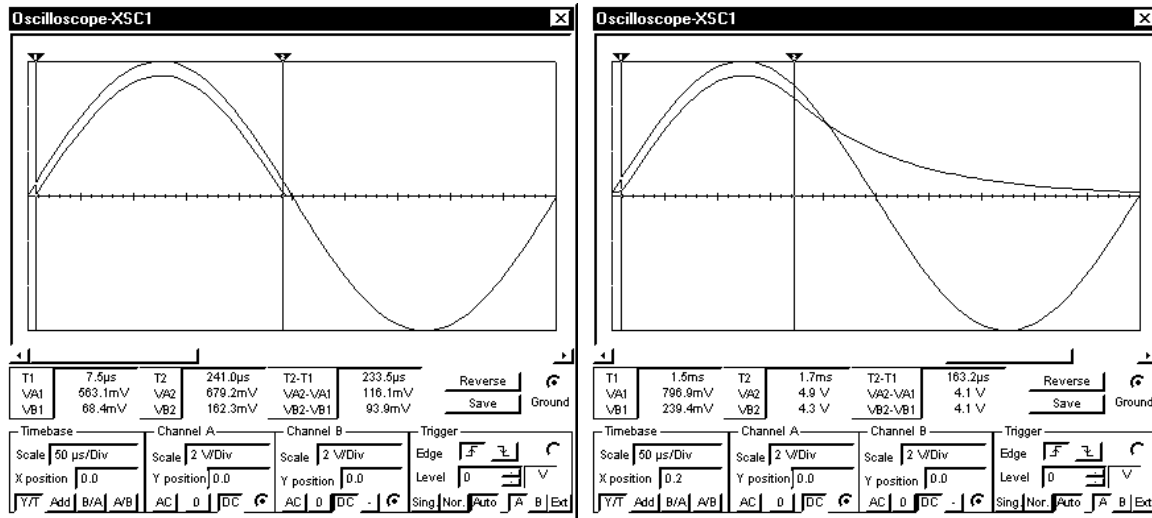
links: Die normale Si-Diode (1N4148). Durch Anlegen der Tangente kann eine Durchbruchspannung von ca. 0.64V Ablesen werden. Kein Durchbruch in Sperrichtung erkennbar.

rechts: Die Z-Diode (BZV60C10). Im Sperrbereich brach sie bei ca. 9.8V durch. In Durchlassrichtung bei etwa 0.42V. Die erste Marke in dem Diagramm steht für -10V an Diode. Die Zweite für 0V. Der Graph wurde um 3V nach rechts verschoben.

4.2 Einweg-Gleichrichterschaltung mit Si-Diode

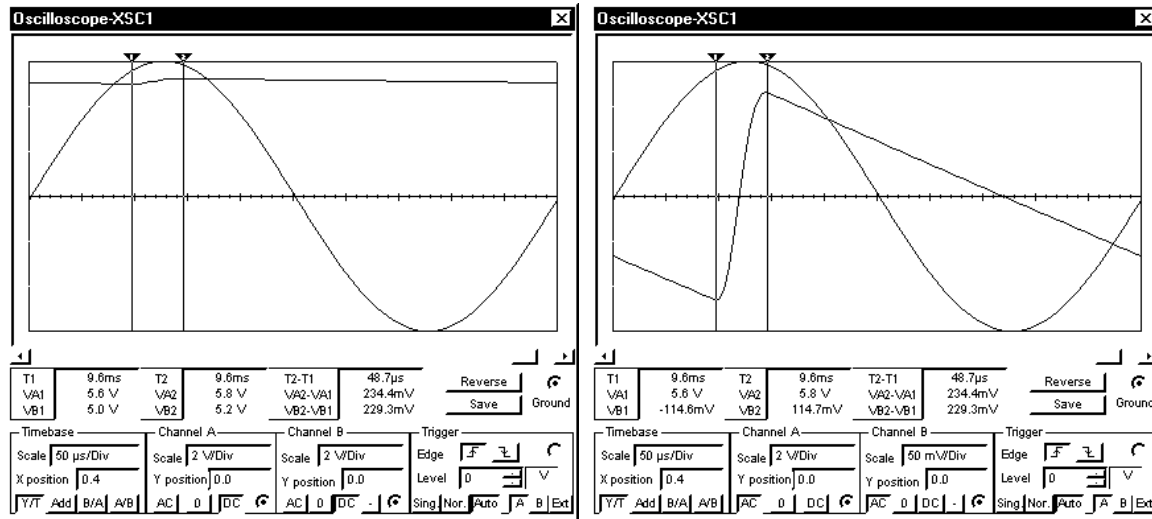


Die Schaltung wurde mit MultiSIM wie in 2. beschrieben aufgebaut. Nacheinander wurden wie im "richtigen" Versuch die Werte $C_1 = 0$, $C_2 = 0.1\mu F$ und $C_3 = 10\mu F$ durchgeföhren. $f = 2kHz$



links: $C_1 = 0F$, Stromflusswinkel $\alpha \approx \frac{233\mu s}{250\mu s} * 180^\circ \approx 168^\circ$

rechts: $C_2 = 0.1\mu F$, Stromflusswinkel $\alpha \approx \frac{163\mu s}{250\mu s} * 180^\circ \approx 117^\circ$

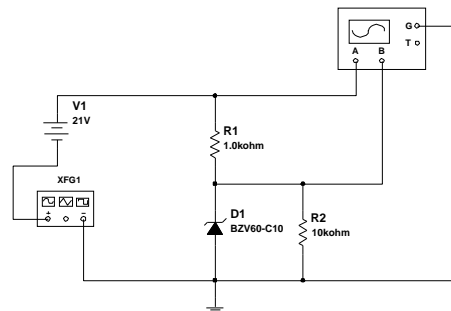


$$C_3 = 10\mu F, \text{ Stromflusswinkel } \alpha \approx \frac{48.7\mu s}{250\mu s} * 180^\circ \approx 35^\circ$$

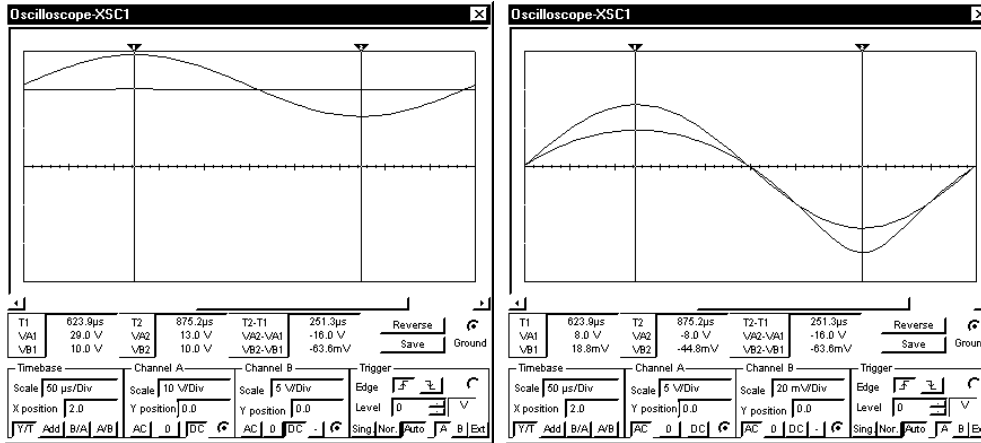
links: normale Darstellung

rechts: die Ausgangsspannung wurde mit höherer Empfindlichkeit und AC-Kopplung gemessen.

4.3 Stabilisierungsschaltung mit der Z-Diode



Die Schaltung wurde mit MultiSIM wie in 3. beschrieben aufgebaut.



links: wie zu sehen ist, ist die Glättung sehr gut.

rechts: Die Ausgangsspannung mit AC-Kopplung und höherer Empfindlichkeit darstellen, um ihren Wechselspannungsanteil besser ablesen zu können

- $U_{E-} = 21V$
- $U_{E\sim} = 16V_{ss}$
- $U_{A-} = 10V$
- $U_{A\sim} = 63.3mV_{ss}$

$$G_{gemessen} = \frac{\Delta U_E}{\Delta U_A} = \frac{U_{E\sim}}{U_{A\sim}} = \frac{16V_{ss}}{63.3mV_{ss}} \approx 252 \tag{4}$$

$$S = \frac{U_A}{U_E} * G = \frac{U_{A-}}{U_{E-}} * G = \frac{10V}{21V} * 252 \approx 120$$

4.4 Abweichung der Simulation vom Versuch

	Einheit	Versuch	Simulation	Abweichung in %
α bei C=0F	°	157	168	-7.0
α bei C=0.1 μ F	°	106	117	-10.4
α bei C=10 μ F	°	81	35	56.8
U_{A-}	V	10.35	10.00	3.4
$U_{A\sim}$	mV	60.0	63.3	-5.5
G	V	267	252	5.6
S	V	131	120	8.4

Die relativ große Abweichung von den Messwerten ist durch Ablesefehler und Verwendung ungleicher Bauteile zur Näherung zu erklären.

5 Anhang

5.1 Versuchsprotokoll

Protokoll SKT v1

11
05.05.2003
11³⁰ - 15⁰⁰

Laborplatz 4

1.) ~~1.)~~ $I=f(U)$ - Kennlinie vorz

- Germanium - Diode

- Silizium - Diode

- Z-10 - Diode

- LED

mit XY-Schreiber aufgenommen

1/2 Jeda
5 Dipgr.



2.) Bestimmung Sperrströme

a.) Ge-Spitzendiode

$$U_1 = 5V \quad I_1 = 2,9 \mu A \quad U_2 = 10V \quad I_2 = 9,4 \mu A$$

b.) Si-Schaltdiode

$$U_1 = 5V \quad I_1 = 0A \quad U_2 = 10V \quad I_2 = 0A$$

3.) Gleichrichter (1. Weg)

a.) ohne C $\hat{U}_0 = 6V$

b.) $C = 0,1 \mu F$

c.) $C = 10 \mu F$

d.) $C = 10 \mu F$ bessere Darstellung der Ausgangsgröße

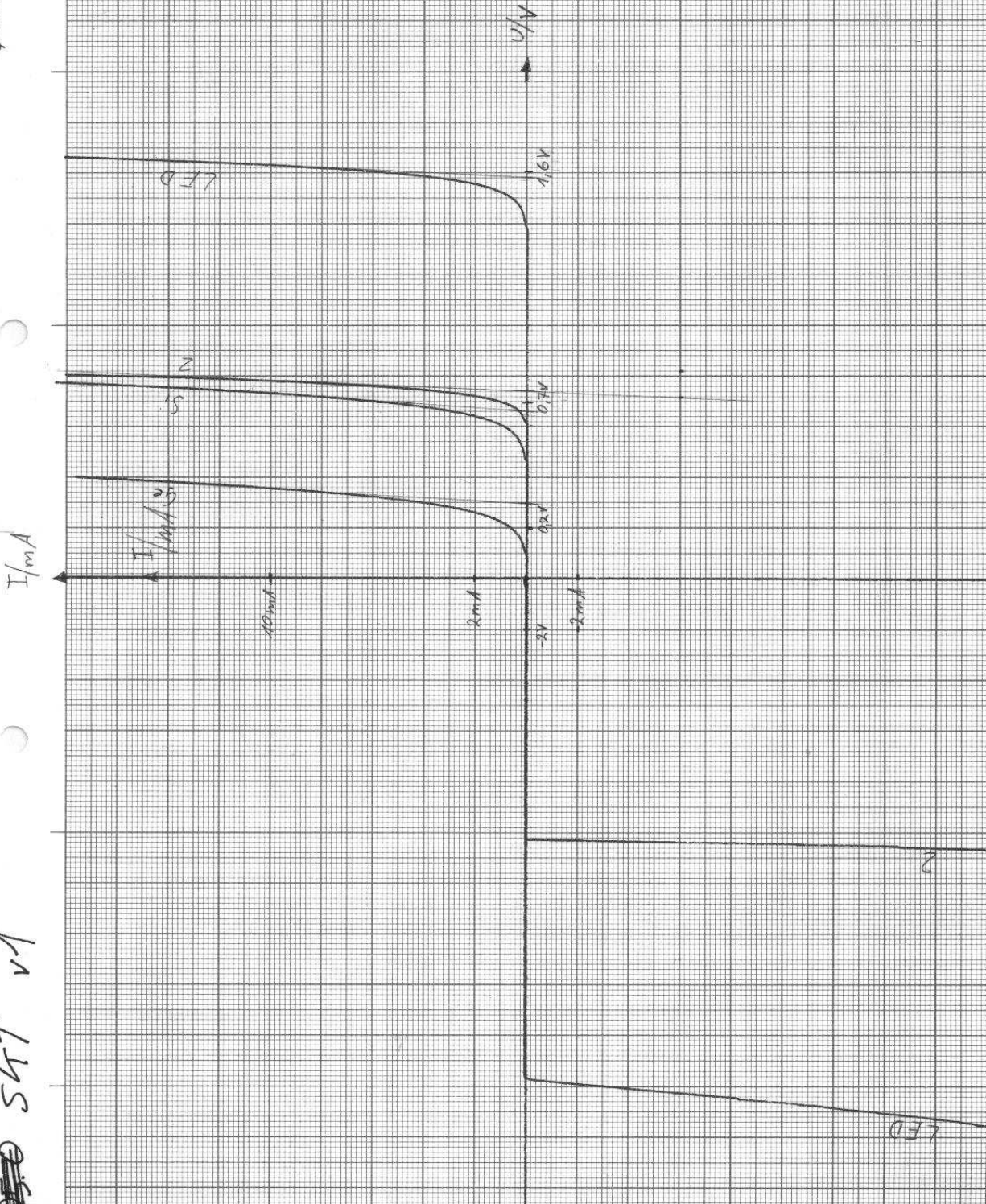
$$\hat{U}_{gr} = 60mV$$

5.2 aufgenommenen Diodenkennlinien

05.05.2003

Diodenkennlinien

12 §



~~SKT~~ SKT v1

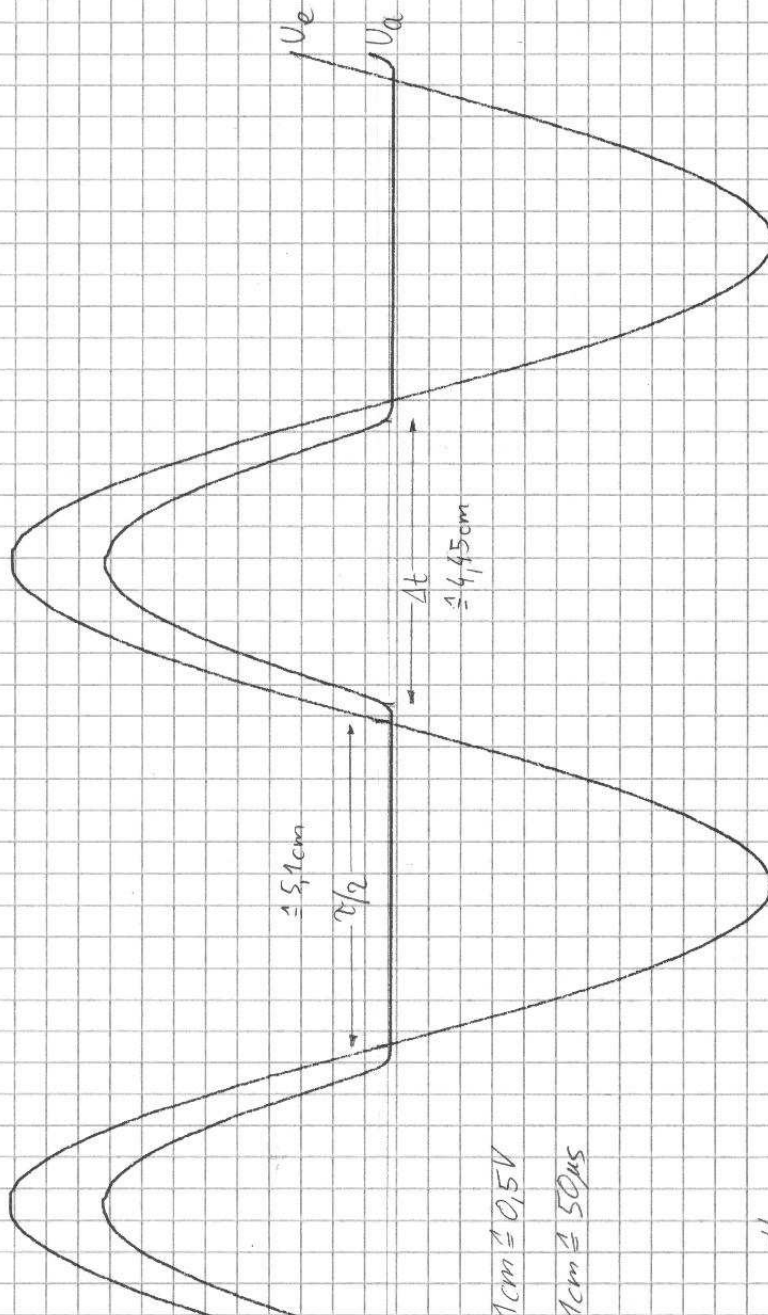
5.3 XY-Plot Einweg-Gleichrichterschaltung

5.3.1 ohne C

ohne C

ohne C

13



SKT 1

05.2003

$\frac{t}{\mu\text{s}}$

5.3.2 mit $C = 0.1\mu F$

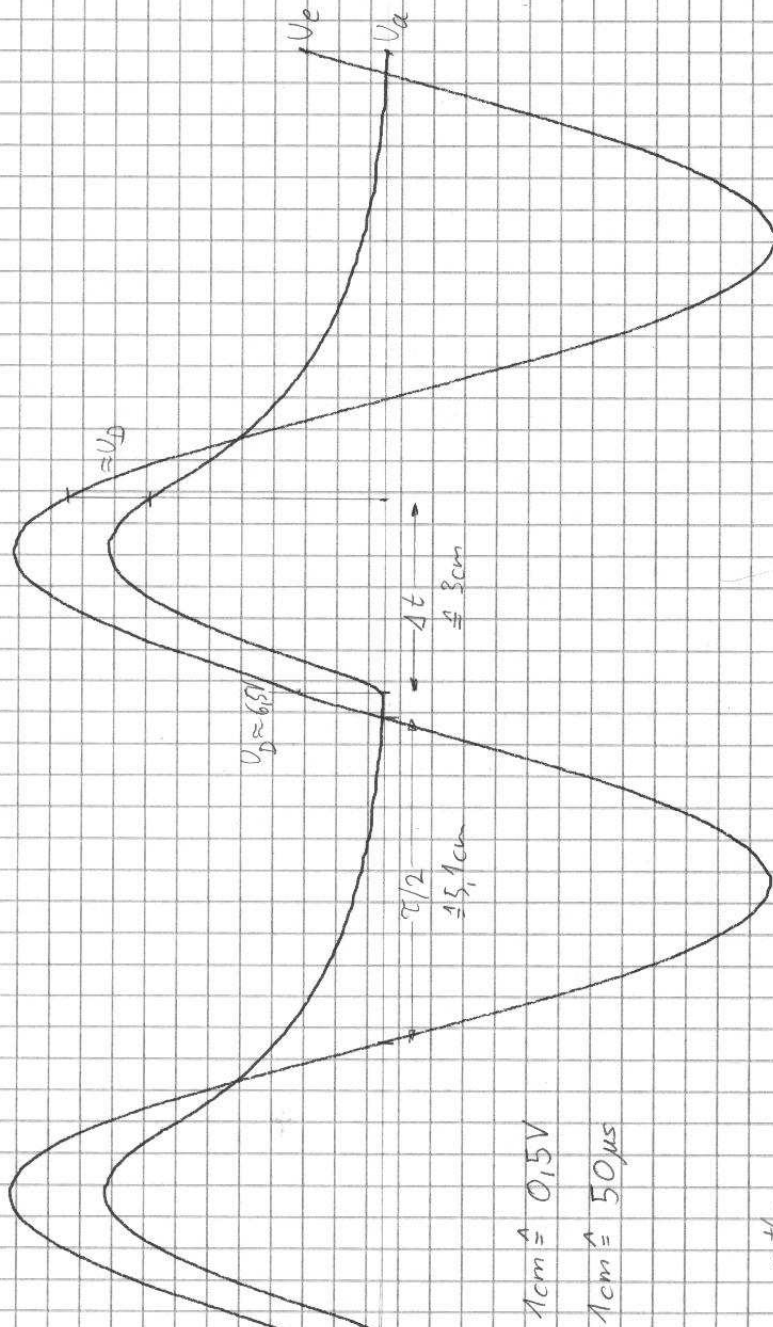
$C = 0.1\mu F$

$C = 0.1\mu F$

14

SKT 1

15.05.2003



5.3.3 mit $C = 10\mu F$

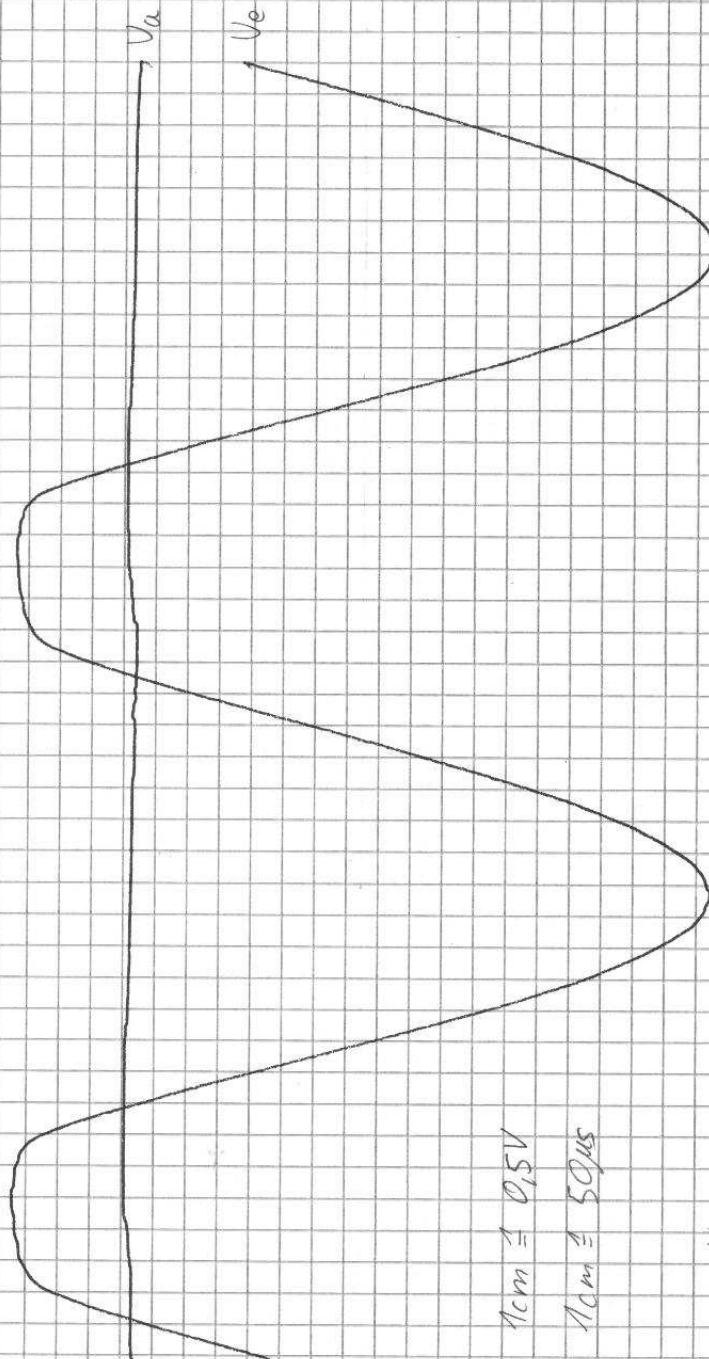
$C = 10\mu F$

$C = 10\mu F$

15

SKT v1

05.05.2003



$10m \hat{=} 0,5V$

$10m \hat{=} 50\mu s$

$10\mu s$

5.3.4 mit $C = 10\mu F$ - andere Skalierung

$C = 10\mu F$

$C = 10\mu F$

16

SKT A

05.05.2003

