

Elektronikpraktikum: Versuch 0

Einführungsversuch

Marc Hauer^{*1} and Michael Vogt^{†1}

¹Uni Bonn

25. August 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
1.1	Charakterisierung von Wechselspannungen	1
1.2	Funktionsgenerator	1
1.3	Oszilloskop	1
2	Voraufgaben	2
2.A	. . . . .	2
2.B	. . . . .	2
2.C	. . . . .	2
2.D	. . . . .	2
2.E	. . . . .	2
3	Durchführung	2

^{*}s65mhaue@uni-bonn.de
[†]s65mvogt@uni-bonn.de

Versuch 0 dient zum kennenlernen der im Elektronikpraktikum eingesetzten Gerätschaften und führt in ihre Eigenheiten ein. Im Zuge dessen betrachten wir mit dem Oszilloskop verschiedene durch einen Funktionsgenerator produzierte Signalformen, und untersuchen Anstiegszeit und Grenzfrequenz des Generators

1 Theorie

1.1 Charakterisierung von Wechselspannungen

Bei Wechselspannungssignalen liegt keine schlicht konstante, sondern eine periodisch variierende Spannung vor. Daher gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Signal durch einen Wert zu charakterisieren. Diese Spannungsangaben werden durch einen Index am Formelzeichen U_X oder an der Einheit Volt V_X gekennzeichnet.

Spitze-Spitze U_{pp} (peak-to-peak) entspricht der Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten auftretenden Spannungswert.

Scheitelwert / Spitzenwert U_p gibt den maximalen auftretenden Spannungswert an. Bei asymmetrischen Signalen ist damit meist, aber nicht immer, $U_p = \max |U(t)|$ gemeint.

Effektivwert U_{eff} entspricht der Gleichspannung, welche die gleiche mittlere Leistung über einen Widerstand R verrichtet, wie das eigentliche Signal. Mit $P = U^2/R$ muss also $U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2 \rangle_t}$. U_{eff} ist also die *root mean square*-Spannung und wird auch als U_{RMS} geschrieben.

1.2 Funktionsgenerator

Um Wechselspannungen verschiedener Formen zu produzieren, verwenden wir den Funktionsgenerator HM 8131-2, welcher einen Ausgangswiderstand von 50Ω hat. Es ist zu beachten, dass das Gerät eine endliche Frequenzbandbreite hat, welche sich hier durch einen RC-Tiefpass beschreiben lässt, dessen Grenzfrequenz der Bandbreite entspricht:

$$B = f_{\text{grenz}} = 1/(2\pi RC) = 1/(2\pi\tau) \quad \text{mit Zeitkonstante } \tau = RC \quad (1)$$

Bei zeitlicher Darstellung des Signals zeigt sich diese Frequenzbegrenzung in Form einer endlichen Anstiegszeit Δt bei abrupten Spannungsänderungen (beispielsweise würde ein perfektes Rechtecksignal unendlich hohe Frequenzen benötigen). Δt wird definiert als Zeitdifferenz zwischen dem Erreichen von 10% und 90% der Maximalspannung. Es gilt näherungsweise

$$B\Delta t = 0.35 \quad (2)$$

1.3 Oszilloskop

Das Oszilloskop ist ein wichtiges Instrument zur Messung periodischer Signale. Bei einem analogen Oszilloskop (wie dem im Versuch verwendeten HAMEG HM604) besteht die Anzeige aus einer Elektronenstrahlröhre mit Leuchtschirm. Der Elektronenstrahl kann durch zwei Plattenkondensatoren, deren Felder in x - (horizontal) bzw. y -Richtung (vertikal) zeigen, gesteuert werden. Meist wird an die x -Platten eine zeitlich gleichförmig steigende Spannung, und an die y -Platten das darzustellende Signal angelegt. So entsteht als Oszillogramm ein „Plot“ des Signals gegen die Zeit.

Die steigende x -Spannung wird durch Integration einer konstanten Spannung und Rücksetzung auf einen Ausgangswert durch ein Triggersignal erreicht. Dieser Trigger kann von dem y -Signal abhängig gemacht werden, um die Periodizität von x - und y -Signal aneinander anzupassen. Nur so entsteht ein (scheinbar, bei Betrachtung mit bloßem Auge) zeitlich unveränderliches Oszillogramm.

Das Oszilloskop hat eine Eingansimpedanz, die durch einen Widerstand von 1Ω in Parallelschaltung zu einer Kapazität von ca. 30pF entsteht. Die Eingansimpedanz kann häufig als unendlich genähert werden. Wie auch der Funktionsgenerator, hat das Oszilloskop ebenfalls eine endliche Bandbreite B . Bei Messung der Anstiegszeit wird somit ein höherer Wert gemessen, nach der Formel

$$\Delta t_{\text{gemessen}}^2 = \Delta t_{\text{Signal}}^2 + \Delta t_{\text{Oszi}}^2 \quad (3)$$

2 Voraufgaben

2.A

Für eine Sinusförmige Spannung der Frequenz ω und Amplitude U_0 gilt $U_{SS} = 2U_0$ und $U_S = U_0$. Und für den Effektivwert

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2 \rangle} = U_0 \sqrt{\frac{w}{2\pi} \int_0^{2\pi/w} dt \sin^2(\omega t)} = U_0/\sqrt{2} \quad (4)$$

2.B

Für ein symmetrisches Rechtecksignal mit $U_S = 10\text{V}$ gilt $U^2 = U_S^2 = \text{const.}$ Damit ist $U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2 \rangle} = |U_S| = 10\text{V}$

2.C

Es gilt $U_n = U_0 \frac{R_n}{R_n + R_i}$ mit $n = 1, 2$ und damit

$$\begin{aligned} \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} &= \frac{\frac{R_2}{R_2 + R_i} - \frac{R_1}{R_1 + R_i}}{\frac{1}{R_1 + R_i} - \frac{1}{R_2 + R_i}} \\ &= \frac{R_2(R_1 + R_i) - R_1(R_2 + R_i)}{(R_2 + R_i) - (R_1 + R_i)} = \frac{R_i(R_2 - R_1)}{R_2 - R_1} = R_i \end{aligned} \quad (5)$$

Der Signalgenerator liefert $20V_{SS}$ ohne Last, also mit $I_1=0$, und $10V_{SS}$ mit 50Ω Last, also $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 0.2A_{SS}$. damit gilt $R_i = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = 50\Omega$.

2.D

Wir machen uns mit den Bedienungselementen des Oszilloskops vertraut.

2.E

Wir leiten (2) her. Für die exponentiell auf Spannung U_0 ansteigende Flanke gilt

$$\begin{aligned} U(t) &= U_0 \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right) \\ \Rightarrow t(U) &= -\tau \ln \left(1 - \frac{U}{U_0} \right) = -\tau \ln \left(\frac{U_0 - U}{U_0} \right) \\ \Rightarrow \Delta t &= t(0.9U_0) - t(0.1U_0) = \tau \ln \left(\frac{U_0 - 0.1U_0}{U_0 - 0.9U_0} \right) = \tau \ln(9) \\ \Rightarrow B\Delta t &= \frac{1}{2\pi\tau} \cdot \tau \cdot \ln(9) \approx 0.35 \end{aligned}$$

3 Durchführung

Zur Messung der Anstiegszeit eines vom Signalgenerator produzierten Rechtecksignals, verbinden wir dessen Ausgang mit dem CH1-Kanaleingang des Oszilloskops. Wir verwenden ein Koaxialkabel (BNC-Kabel) und schließen dies reflexionsfrei ab (**Was bedeutet das?**). Wir stellen eine Signalfrequenz von 2 MHz ein und lesen aus dem Oszillogramm die Anstiegszeit $\Delta t_{\text{gemessen}}$, d.h. die Zeit zwischen Erreichen von 10% und 90% des Maximalwerts, ab. Die tatsächliche Anstiegszeit Δt_{Signal} erhalten wir dann über (3), wobei $\Delta t_{\text{Oszilloskop}}$ aus der Bandbreite des Oszilloskops folgt, welche in dessen Bedienungsanleitung angegeben ist.

Anschließend schalten wir einen RC-Filter zwischen den Ausgang des Signalgenerators und den Eingang des Oszilloskops. Für verschiedene Frequenzen messen wir die resultierende Amplitude eines Sinussignals um die Dämpfung durch den Filter (in dB) gegen die Frequenz aufzutragen.