

Hinweis

Das vorliegende Protokoll wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde dieses Protokoll von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:

<https://www.physics-and-stuff.com/>

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit des vorliegenden Protokolls! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Dieses Werk von [Marvin Zanke](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

22.08.2016 Vorversuch 1

- 0.1. Das Netzgerät :
- +5V, 1A : grüne Steckbuchse
 - +15V, 100mA: rote Steckbuchse
 - -15V, 100mA, gelbe Steckbuchse
 - 0-15V, 100mA

- Spannungen 1, 2, 3 abgreifbar an LEMO-Buchse und Ein-Steckbuchsen (gemeinsame Masse: schwarze Steckbuchse)
- Spannung 4 an beiden großen Polklemmen (negativ: blau, positiv: rot) (Skalenzahl: $10 \hat{=} 15,00V$) (Interpretation auf $\pm 150mV$ genau)
- Unigor-Messgeräte nutzen!

0.2. Signalquellen

Wechselspannungssamplifier

Spitze-Spitze: Differenz niedrigster und höchster auftretender Spannung im Signal $u(t)$: $U_{SS} (V_{SS})$ bzw. $U_{pp} (V_{pp})$ peak

Scheitelwert / Maximalwert der auftretenden Spannung: $U_S (V_S)$
Spitzenwert: bzw. $U_P (V_P)$

Effektivwert: U_{eff} ist konst. Gleichspannung, die an ^{dynamischen} Widerstand gleiche Leistung P freisetzt, wie Signalspannung $u(t)$.
 $P = \frac{u^2}{R} \Rightarrow U_{eff} = \sqrt{\langle u^2(t) \rangle}$ ($\langle \dots \rangle$ zeitl. Mw.)
 U_{eff} üblicherweise für $\langle u(t) \rangle = 0$

Funktionsgenerator

Liefert als Signalquelle über Frequenzbereich 0,002MHz - 3MHz bzw. 10MHz Signalformen: Sinus, Rechteck, Dreieck, pos./neg. Rampen
Amplitude regelbar \Rightarrow max. 20V_s unbelastet und 10V_s an 50 Ω

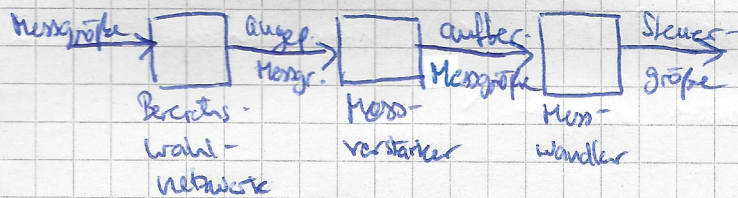
0.3. Die Messgeräte

Messen: unbekannte Größe proportional zu bekannter zuordnen (Analog:

kontinuierlich und digital, ganzzahliges Vielfaches kleinsten Teils).

Technischer Aufbau: 2 selbstständige Baugruppen: Messeinheit und Anzeigeeinheit

→ Messeinheit: Messverstärker, Bereichswahlnetzwerke (Messwiderstände, Schalter etc.), Messwandler



→ Anzeigeeinheit: z.B. Skala und Zeiger

Das Drehspulmessgerät

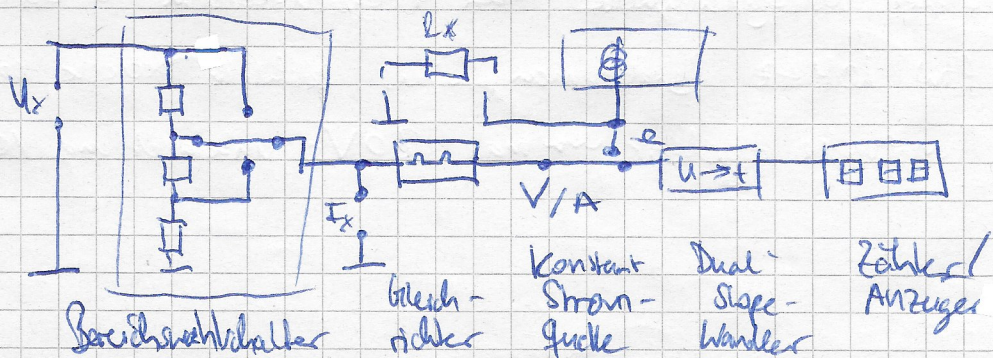
Keine Messverstärker bei den hier verwendeten Drehspulgeräten.

Auf zylindrischen Weicheisenkan gewickelte Spule, welcher drehbar zwischen zylindrisch ausgehöhlten Polen eines Hufeisen-Dauermagneten gelagert ist.

→ Strom durch Spule baut Magnetfeld auf (Pole zu denen des Dauermagneten verdreht) → Drehmoment (Drehmoment Feder wirkt entgegen) → Gleichgewicht
(Skala in Messgrößenheit geeicht; Einteilung linear).

Das Digitalmultimeter

Besteht aus 5 Blöcken



- Bereichswahlschalter: in 10er Potenzen geteilter Spannungsteiler (meistens $10M \Omega$ Gesamtwiderstand)
- Gleichrichter: Präzisionsgleichrichter mit OPAMP (auch Wechselspannungen im mV-Bereich können gleichgerichtet werden)
- Widerstandsmessung völlig linear (keinen 1/x-Verlauf).
(Strom durch R_x i. Ohmsches Gesetz)
- Messwandler: Eingangsspannung in proportionalen Strom
 - Kondensatoraufladung über feste Zeit t_1
 - Entladung mit konstantem Strom bis Spannung 0V.
($t_x \sim I_L \sim U_E$)

Das Oszilloskop

Schnell ablaufende Vorgänge (z.B. Wechselspannungen, Impulse etc.)

Sollen stetig gemessen werden und in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden.

Die Elektronenstrahlröhre:

- aus Kathode emittierten Elektronen werden durch Feld zwischen Kathode und Anode beschleunigt. Teil geht durch Loch in Anode durch → weiter fokussiert und beschleunigt → aufgefangen durch Leuchtschirm (außerdem Ablenkung des Strahls durch elektrostatische oder elektromagnetische Felder) → Fluoreszenz bei aufgetragenen Schichten.

Elektronische Baugruppen des Oszilloskops:

- neben Elektronenstrahlröhre noch elektronische Bauelemente für Signeldarstellung
 - Netzteil, γ -Verstärker, Zeitablenkeinheit (Zeitbasis).
- im Praktikum: Zweikanal-Oszillograph mit einfacher Zeitbasis

- Einkanaloszillograph (einfache Zeitbasis): Grundmodell eines triggerbaren Oszillographen

→ alle anderen lediglich Erweiterung der Messmöglichkeiten

(Drehknöpfe: Kreise mit Pfeilen
Schalter: Rechtecke mit Punkten) } Bedienelemente

Y-Verstärker:

- Breitbandverstärker (inklusive Bereichswahlnetzwerk y-Ablenkung)

→ Drehschalter für Messbereich, Koaxialer Drehknopf für Verstärkung

! Innerer Drehknopf auf Calibrated !

Die Zeitablenkeinheit / Zeitbasis:

- an x-Platten: proportional mit Zeit ansteigende Spannung

→ konstante Geschwindigkeit des Elektronenstrahls von links → rechts, periodisch

Synchronisierte Zeitablenkung:

- sicheres Bild erfordert: Frequenz Messspannung $\hat{=}$ n · Kippfrequenz

• Strahl mit konst. x-Geschwindigkeit bis Endwert, springt zurück, Wartestellung bis neuer Triggerimpuls

Der Zweikanalbetrieb

2 Signalverläufe gleichzeitig zu betrachten

→ 2 völlig gleiche (voneinander getrennte) y-Eingänge und Verstärker

→ Kanäle einzeln und als Summe gleichzeitig darstellbar

→ nicht gleichzeitig 2 getrennte Verläufe mit y-Ablenkpaar

→ Trägheit Auge und Nachleuchteffekt ausnutzen (Frequenz 500 kHz)

(Messbereich separat wählbar; Zeitablenkoeffizient gleich)

Der xy-Betrieb

Vergleich Phasenlage von Wechselspannungssignalen (1 Signal auf y-Ablenkung, anderes auf x-Ablenkung) (Ch1 und Ch2)

Bestimmung der Anstiegszeit des Oszillographen (Versuch 6)

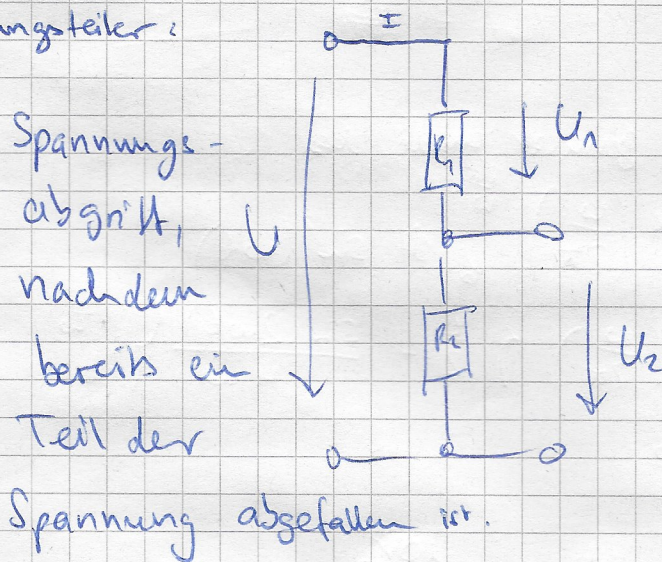
In diesem Versuch beschäftigen wir uns mit dem Oszilloskop und dem Funktionsgenerator. Man lernt etwas über Ausgangs- und Eingangswiderstände sowie Frequenzbreiten von Geräten.

Zuerst wählt man am Generator verschiedene Signalformen und variiert Frequenz und Amplitude mit anschließender Beobachtung der Oszillogramme.

Als nächstes betrachtet man den Anstieg eines Rechtecksignals und ertrnimmt dem Oszillogramm die Anstiegszeit. Man separiert die Anstiegszeit des Oszilloskops von der des Signals und erhält so die "echte" Anstiegszeit.

Kenntnisse, Größen und Formeln

Spannungsteiler:



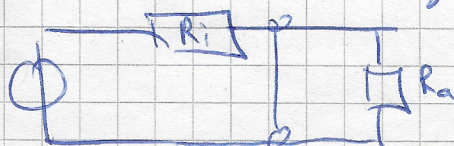
$$U_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$

$$\frac{R_1}{U_1} = \frac{R_2}{U_2}$$

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

Innenwiderstand: (Ausgangswiderstand) Bei Belastungsänderung

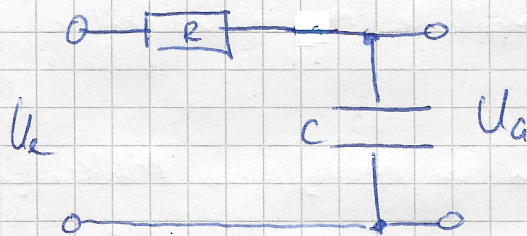
Ersatzschaltbild:



Anstiegszeit Signale und Geräte: idealer Rechteckimpuls (Spannung Sprungwert von Null auf Maximalwert) nicht möglich.
 Anstiegszeit ist die Zeit, die das Signal braucht um von 10% auf 90% seiner Maximalamplitude zu kommen.

Bandbreite, Breite Intervall im Frequenzspektrum in welchem die dominanten Frequenzanteile (zu übertragen oder speichern) liegen.
 Charakterisiert durch untere und obere Grenzfrequenz.

R-C-Tiefpass: Kondensator parallel am Signalausgang geschaltet



Aufgabe A: ✓

$$u(t) = U_0 \sin(\omega t) \rightarrow U_{\text{eff}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

$$U_s = U_0$$

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

wobei für U_{eff} genutzt wurde, dass

$$\begin{aligned} U_{\text{eff}}^2 &= U_0^2 \left(\frac{\omega}{2\pi} \right) \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} dt \sin^2(\omega t) \\ \text{Wohlfahrt} \rightarrow \text{Alpha} &\rightarrow = U_0^2 \left(\frac{\omega}{2\pi} \right) \left\{ \frac{t}{2} - \frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right\} \Bigg|_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \\ &= \frac{U_0^2}{2} \end{aligned}$$

Aufgabe B: ✓ $U_{\text{eff}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{10\text{V}}{\sqrt{2}} = 7,07\text{V}$

Aufgabe C: ✓

$$1. U_n = U_0 \frac{R_n}{R_i + R_n} \Leftrightarrow U_n (R_i + R_n) = U_0 R_n$$

$$\Leftrightarrow R_i = \frac{R_n (U_0 - U_n)}{U_n} = \frac{U_0 - U_n}{I_n}$$

$$U_m = U_0 \frac{R_m}{R_i + R_m} \Leftrightarrow U_0 = \frac{U_m (R_i + R_m)}{R_m} = (R_i + R_m) I_m$$

$$\Rightarrow R_i = \frac{R_i I_m + R_m I_m - U_m}{I_n} \Leftrightarrow R_i (I_n - I_m) = U_m - U_n$$

$$\Leftrightarrow R_i = \frac{U_m - U_n}{I_n - I_m}$$

2. Mit $U_{\max} = 20V$ für $R_{\max} = \infty \Omega \Rightarrow I_{\max} = 0A$

und $U_{50} = 10V$ für $R_{50} = 50 \Omega \Rightarrow I_{50} = 200mA$

$$\Rightarrow R_i = \frac{20V - 10V}{200mA - 0A} = \frac{10V}{0,2A} = 50 \Omega$$

Aufgabe D: CH1, CH2, X-Y, X-POS, Y-POS

Aufgabe E:

$$B = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \tau} \quad \text{mit } \tau \hat{=} \text{Zeit, nach der Kondensator auf } \frac{1}{e} \text{ entladen ist}$$

$$U(t) = U_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \quad \text{rising edge: } U(t) = U_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$$

$$\frac{0,1}{0,9} = \exp\left(-\frac{\Delta t}{\tau}\right) \quad \text{mit } \Delta t: \text{ von } 10\% \text{ auf } 90\%$$

$$\Leftrightarrow \Delta t = 2,1972 \cdot \tau = 2,1972 \frac{1}{2\pi B}$$

$$\Leftrightarrow B \cdot \Delta t = 0,35$$

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Nachdem man den Generator mit dem Oszilloskop verbunden hat, wählt man am intern getriggerten Oszillographen bzw. Generator verschiedene Signalformen mit unterschiedlichen Frequenzen und Amplituden.

Danach wählt man ein Rechtecksignal und beobachtet den Anstieg des Signals, aus welchem man dann die Anstiegszeit bestimmt. Man beachtet hierbei den Unterschied zwischen der Anstiegszeit des Oszilloskops und der des Signals selbst.

ER-12

HAMEG INSTRUMENTS 35 MHz ANALOG OSCILLOSCOPE HM 303-6

Messung: PROGRAMMABLE 15 MHz FUNCTION GENERATOR HM 8131-2

a) Sinus: $2V_{pp}$, $f = 2\text{ MHz}$
TIME: $0,2\mu\text{s}$, VOLTS: $1V$

Rechteck: TIME and VOLTS equal
 $2V_{pp}$, $f = 2\text{ MHz}$

Triangle: $f = 1\text{ MHz}$
 $2V_{pp}$
 $T = 0,1\mu\text{s}$
 $V = 1V$

b) Rechtecksignal $\rightarrow f = 2\text{ MHz}$, $2V_{pp}$
TIME: $0,1\mu\text{s}$, VOLTS: $0,2V$

$$\Delta t_{\text{gem.}} = \left[\frac{1}{5} \cdot (0,1) \pm \frac{1}{50} \cdot 0,1 \right] \mu\text{s} = (20 \pm 2) \text{ ns}$$

Bandwidth from the manual (internet): $0 - 35\text{ MHz}$

$$\Delta t_{\text{osc}} = \frac{0,35}{35 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 1 \text{ ns}$$

Daraus folgt direkt mit Hilfe der Formel in Praktikumsheft:

$$\Delta t_{\text{sign}} = \sqrt{\Delta t_{\text{gem.}}^2 - \Delta t_{\text{osc}}^2}$$

ER-12

Auswertung:

Für die verschiedenen Signalformen ergeben sich die folgenden Bilder auf dem Oszillograph (Oszillogramme)

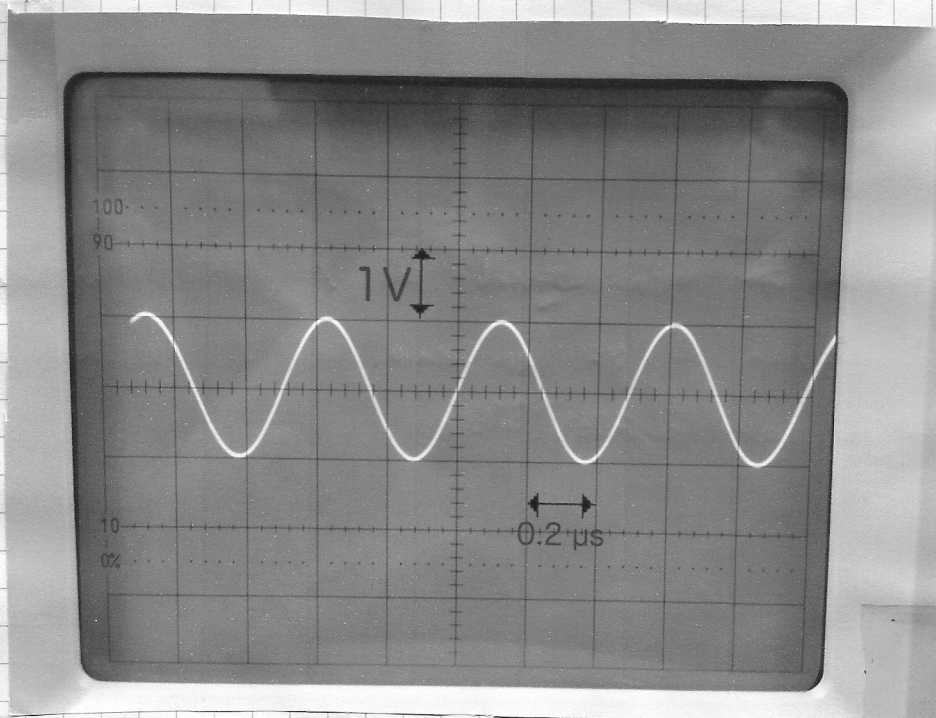
Betrieben wurde der Oszillograph auf $\nu = 2\text{MHz}$ für Sinus

und Rechteck-Impuls mit x-Skala $0,2\mu\text{s}$, y-Skala 1V ,

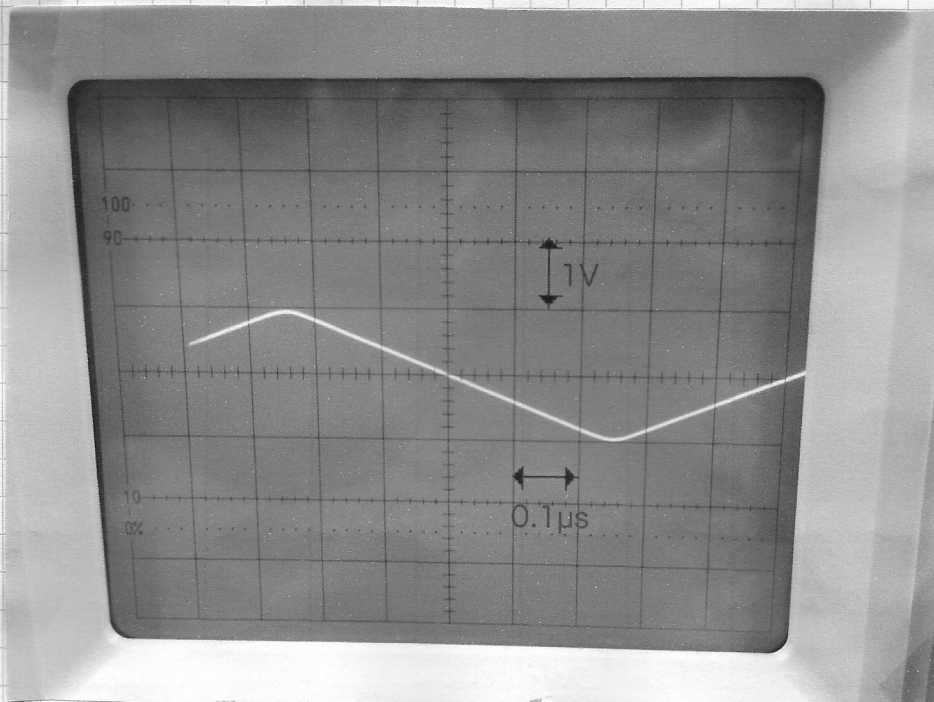
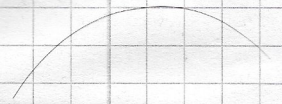
Sowie Amplitude 2Vpp . Für den Dreiecksimpuls galt

dagegen $\nu = 1\text{MHz}$, Amplitude 2Vpp und x-Skala $0,1\mu\text{s}$, sowie

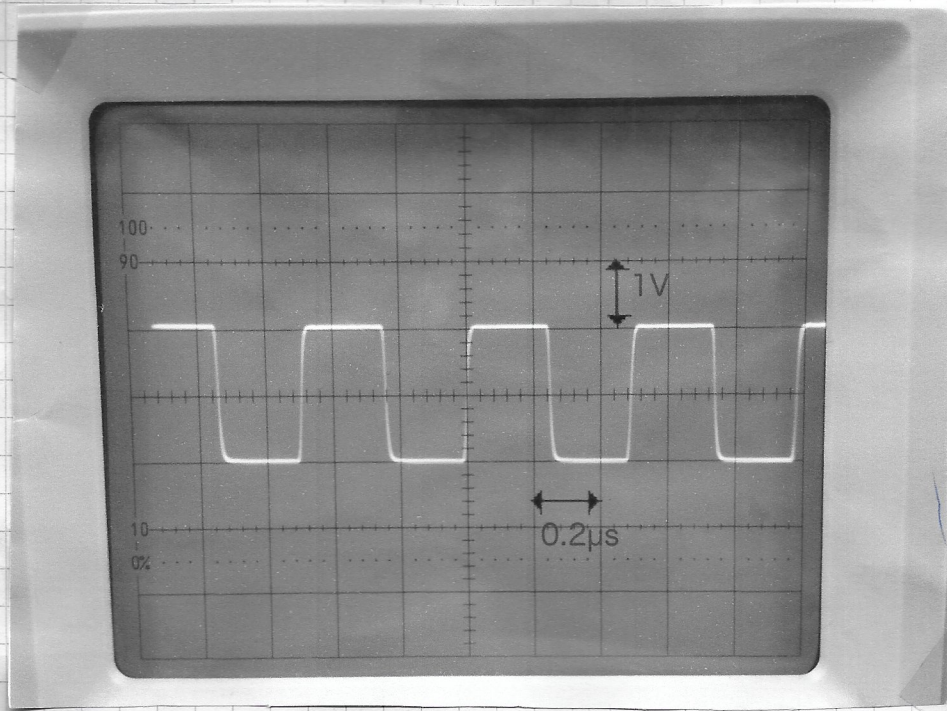
y-Skala 1V .



Sinus



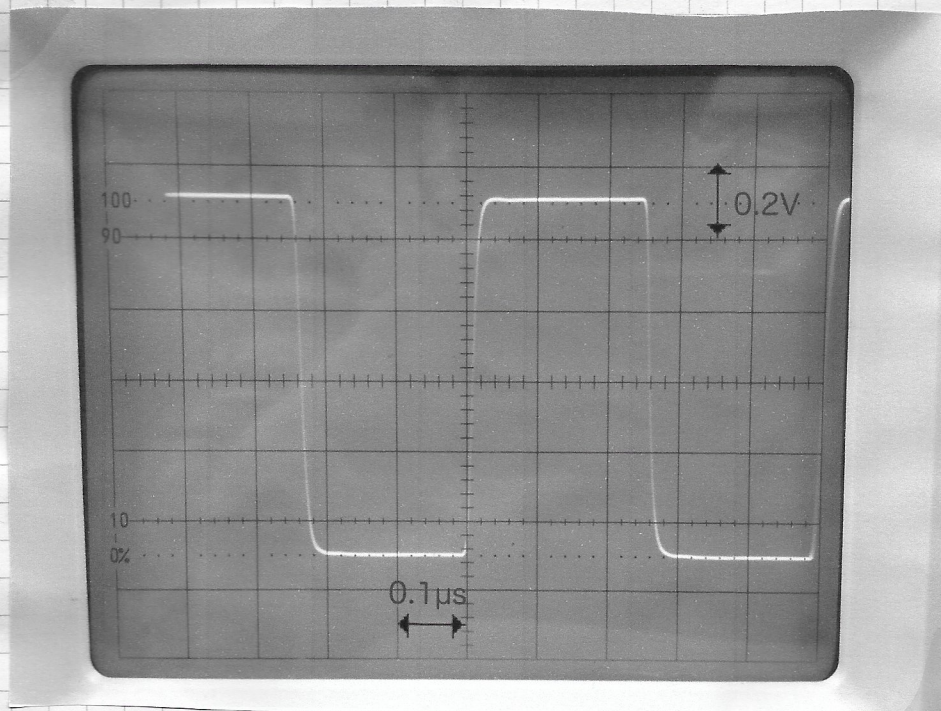
Dreieck



Rechteck

b)

Hier wurde ein Rechtecksignal mit $f = 2\text{kHz}$, Amplitude $2V_{pp}$, x-Skala $0,1\mu\text{s}$, y-Skala $0,2V$ gewählt. Es ergab sich folgendes Bild:



Dabei wurden die Werte bewusst so gewählt, dass Up auf 100% bzw. 0% liegt.

Da ein Kästchen $0,1\mu\text{s}$ entspricht, sind die kleinsten

Unterkteilungen $\frac{1}{5} \cdot 0,1\mu\text{s} = 20\text{ns}$.

should be observed by X10 on X-axis for better precision

Nimmt man an, dass man einen Multiplexer von $\frac{1}{50}$ -Kästchen macht, so ergibt sich für die abgelesene Anstiegszeit:

$$\Delta t_{\text{gem}} = \left(\frac{1}{5} \cdot 0,1 \pm \frac{1}{50} \cdot 0,1 \right) \mu\text{s} = (20 \pm 2) \text{ ns}$$

Dabei ist dies nun die Anstiegszeit des Signals und des Oszilloskops zusammen!

Im Internet findet man in der Anleitung für den Oszilloskop, dass dieser eine Bandbreite von 0-35 MHz hat.

Mit der Formel $B \cdot \Delta t = 0,35$ ergibt sich damit für dessen Anstiegszeit: $\Delta t_{\text{osc}} = 10 \text{ ns}$.

Mit der Formel im Praktikumsheft folgt dann:

$$\Delta t_{\text{sign}} = \sqrt{\Delta t_{\text{gem}}^2 - \Delta t_{\text{osc}}^2}$$

$$S(\Delta t_{\text{sign}}) = \frac{1 \cdot (\Delta t_{\text{gem}})}{\sqrt{\Delta t_{\text{gem}}^2 - \Delta t_{\text{osc}}^2}} \cdot S(\Delta t_{\text{gem}})$$

$$\Rightarrow \Delta t_{\text{sign}} = (17,32 \pm 2,353) \text{ ns}$$

Damit folgt mittels $B \cdot \Delta t = 0,35$ wiederum für die Bandbreite des Funktionsgenerators:

$$B_{\text{gen}} = \frac{0,35}{\Delta t_{\text{sign}}} \quad \Rightarrow \quad \Delta B_{\text{gen}} = \frac{0,35}{(\Delta t_{\text{sign}})^2} S(\Delta t_{\text{sign}})$$

$$\Rightarrow B_{\text{gen}} = (20,208 \pm 2,7453) \text{ MHz}$$