

Elektronikpraktikum

Praktikumstag 1: Grundlagen

Am ersten Praktikumstag lernen Sie den Arbeitsplatz und die Geräte kennen. Ziel ist sich mit der Bedienung der Geräte vertraut zu machen und Eigenschaften der Messgeräte sowie den Einfluss der Umgebung auf die Messung zu untersuchen.

Lesen Sie jede Aufgabe komplett durch, bevor Sie anfangen. Die unter Auswertung aufgeführten Aufgaben sollen nicht während des Praktikums durchgeführt sondern in der Nachbereitung erarbeitet werden. Beachten Sie aber, dass Sie alle dafür nötigen Daten und Bilder am Arbeitsplatz aufnehmen. Für die Darstellung der Messergebnisse verwenden Sie eine Software wie QtiPlot oder gnuplot. Eine Windows-Version von QtiPlot finden Sie auf der internen EP-Homepage zum Download.

Aufgabe 1: Eigenschaften des Digital Multimeters (DMM)

In dieser Aufgabe geht es darum, wichtige Eigenschaften eines Multimeters zu erarbeiten und auf mögliche Probleme bei der Messwertaufnahme zu erkennen. Im ersten Abschnitt a) untersuchen Sie die automatische Messbereichsumschaltung (autoscale) und den Innenwiderstand des Multimeters. In Teilaufgabe b) betrachten Sie den Einfluss der gewählten Integrationszeit sowie der Messdauer auf das Messergebnis.

a) Innenwiderstand eines DMMs (hier: Agilent 34410A)

Messen Sie den Innenwiderstand des DMMs über den ganzen Messbereich. Setzen Sie dazu zunächst das DMM mittels „Reset“ auf die Ausgangskonfiguration zurück. Stellen Sie das DMM nun auf eine Gleichstrom-Messung ein. Da das DMM nur bis 3 A gesichert ist, stellen Sie die Strombegrenzung der Strom-/Spannungsquelle (Agilent E3631A) auf 2,5 A ein (sonst könnte bei Fehlbedienung ein Austausch der Sicherung im DMM notwendig werden). Falls sich das Power Supply nicht bedienen lässt, befindet es sich im Fernsteuerungsmodus und kann durch Drücken der Taste „Local“ in den manuellen Betrieb geschaltet werden. In dieser Aufgabe muss man den 6 V-Ausgang des Power Supplys wählen, um auch die feineren Abstufungen messen zu können. Bestimmen Sie den Innenwiderstand des DMMs mit einem geeigneten Aufbau (Schaltskizze!) und verwenden Sie folgende Spannungswerte:

50 mV, 100 mV, 150 mV, 200 mV, 220 mV, 240 mV, 260 mV, 280 mV, 300 mV, 350 mV, 400 mV, 500 mV, 750 mV, 1 V, Spannung bei Greifen der Strombegrenzung (ob die Quelle derzeit strom- oder spannungsbegrenzt arbeitet, sieht man rechts auf dem Display; CV = Spannungsbegrenzung, CC = Strombegrenzung).

Achtung: Die Spannungswerte von Messanzeige und Limitanzeige stimmen nicht exakt überein. Überprüfen Sie im Zweifelsfall mit einer Spannungsmessung durch das DMM, welche Anzeige stimmt.

Wichtig ist es, bei der Erhöhung der Spannung sorgfältig vorzugehen. Vermeiden Sie unbedingt, über den geplanten Messpunkt zu gehen und daraufhin wieder zurück zu regeln. Sollten Sie aus Versehen eine zu hohe Spannung eingestellt haben, gehen Sie zurück auf 0 V und stellen daraufhin den gewünschten Wert ein. Achten Sie außerdem während der Messungen auf auffällige akustische oder optische Signale und notieren Sie, bei welchen Spannungen diese auftraten. Berücksichtigen Sie in welcher Einheit das DMM den Wert anzeigt.

Gehen Sie nun genauso in umgekehrter Richtung vor. Zu folgenden Spannungswerten bestimmen Sie den Innenwiderstand des DMMs ermitteln:

500 mV, 250 mV, 100 mV, 60 mV, 40 mV, 35 mV, 30 mV, 25 mV, 20 mV, 15 mV, 10 mV, 5 mV, 4 mV, 3 mV, 2 mV, 1 mV;

Achten Sie auch hier auf auffällige Signale. Unterschreiten Sie einen Messpunkt, so gehen Sie zurück auf 500 mV und stellen dann den gewünschten Spannungswert korrekt ein.

Auswertung:

Entwerfen Sie ein Ersatzschaltbild.

Berechnen Sie den Innenwiderstand für jeden Messpunkt und vergleichen Sie die Ergebnisse untereinander. Zeichnen Sie außerdem beide Messreihen in ein gemeinsames I(U)-Diagramm ein.

Was fällt auf?

Interpretieren Sie Ihre Beobachtungen und Messungen.

Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Angaben des Herstellers (Anleitung/Homepage) und diskutieren Sie eventuelle Abweichungen.

b) Integrationszeiten und Messverlauf

1. Verwenden Sie den gleichen Aufbau wie in Aufgabe 1a (Strombegrenzung des Power Supplys: 2,5 A). Öffnen Sie das Virtuelle Instrument (kurz VI) „Integrationszeiten“ (Laufwerk V:\Versuchstag1\Programme) um das DMM damit vom PC aus fernzusteuern. Stellen Sie dort die Zeiteinstellung auf NPLC (Number of Power Line Cycles = Anzahl Netzyklen, d. h. Perioden der Netzspannung), die Funktion auf Gleichstrom, die Anzahl der Messwerte auf 3000 und NPLC auf 1. Alle anderen Einstellungen können belassen werden. Stellen Sie nun am Power Supply eine Spannung von ungefähr 300 mV ein und starten Sie Output und Aufnahme möglichst gleichzeitig. Solange das DMM Daten aufnimmt, leuchtet/blinkt links oben ein Stern. Geben Sie nach der Messung Speicherort und Name an. Starten Sie daraufhin eine zweite Messung mit 300 Messwerten, bei der das Power Supply bereits vor Messstart die Spannung ausgibt. Überprüfen Sie, ob die Daten gespeichert wurden und notieren Sie Auffälligkeiten der Messergebnisse.

2. Stellen Sie das Power Supply auf eine Strombegrenzung von 200 mA und erhöhen Sie die Spannungsbegrenzung, damit es als konstante Stromquelle arbeitet. Gehen Sie nun wieder zurück zum Integrationszeiten-VI und nehmen Sie jeweils 300 Messwerte für die verschiedenen dort

möglichen Integrationszeiten auf. Beachten Sie, dass die Zeiteinstellung unbedingt auf NPLC gestellt sein muss. Aus zeitlichen Gründen sollte die Messung mit NPLC = 100 weggelassen werden. Um sicherzustellen, dass alle Daten vorliegen sollten Sie überprüfen, ob der Speichervorgang erfolgreich war.

3. Nach den Messungen mit Vielfachen des Netzyklus wird nun eine Messung mit einer frei gewählten, festen Zeit durchgeführt. Ändern Sie hierzu das Bedienfeld auf freie Zeiteinstellung. Als Integrationszeit wählen Sie 25 ms und nehmen erneut 300 Messwerte auf. Speichern und überprüfen Sie die Daten.

Auswertung der drei Teilaufgaben:

Zu 1.: Plotten Sie die erhaltenen Daten und analysieren Sie den Verlauf. Wie kann der Verlauf erklärt werden? Welche Folgen hat das für eine Versuchsdurchführung? Was empfiehlt der Hersteller?

Zu 2.: Bestimmen Sie Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der Daten. Wie weit sind Minimum und Maximum vom Mittelwert entfernt? Vergleichen Sie die Messungen miteinander.

Zu 3.: Die Auswertung erfolgt analog zu Teilaufgabe 2. Vergleichen Sie die Ergebnisse. Nutzen Sie dazu ein gemeinsames Diagramm mit den relevanten Aufnahmen. Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Ergebnissen? Überlegen Sie Vor- und Nachteile der jeweiligen Einstellungen (Wann ist eine Messung mit NPLC = 0,006 sinnvoll, wann eine mit NPLC = 100? Wann macht es Sinn eine frei wählbare Integrationszeit zu wählen?).

Aufgabe 2: Widerstands-Schaltungen

Beachten Sie bei allen Messungen, die korrekten Einstellungen für das DMM (DC V für Spannung, DC I für Strom, Ω W für Widerstand)! Bei der direkten Widerstandsmessung darf das Netzteil nicht angeschlossen sein!

Setzen Sie das DMM auf die Standardeinstellungen zurück und verwenden Sie für diesen Versuch einen der 25 V-Ausgänge des Power Supplys. Setzen Sie das Stromlimit auf 500 mA. Bauen Sie entweder eine einfache Parallel- oder Reihenschaltung auf, wie sie in den Abbildungen 1 und 2 zu sehen sind.

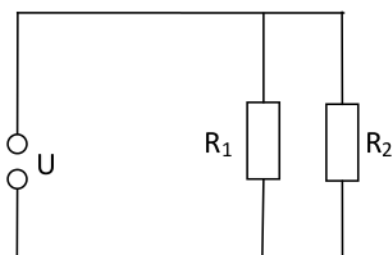


Abbildung 1: Parallelschaltung

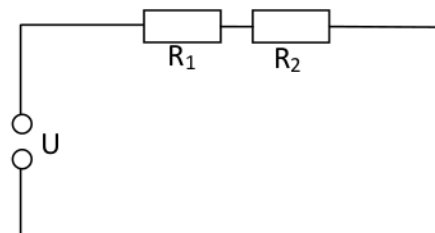


Abbildung 2: Reihenschaltung

Wählen Sie eine geeignete Versorgungsspannung für Ihre Schaltung. Berechnen Sie dazu den erwarteten Gesamtwiderstand, den Gesamtstrom und die Leistung an den Widerständen. Beachten Sie, dass die Leistungsgrenze der Widerstände (hier: 0,25 W) nicht überschritten wird. Messen Sie dann Strom und Spannung an der Schaltung. Bestimmen Sie dabei alle Einzelströme und -spannungen sowie Gesamtstrom und -spannung. Berechnen Sie aus Ihren Werten die entsprechenden Widerstände. Messen Sie den Widerstand direkt mit dem DMM. Vergleichen Sie alle Ergebnisse mit den theoretischen Erwartungen.

Stecken Sie daraufhin eine Schaltung mit einem möglichst geringen Gesamtwiderstand ($\leq 800 \Omega$) und stellen Sie das Power Supply so ein, dass der Gesamtstrom $\leq 1 \text{ mA}$ ist. Messen Sie wieder alle Einzelströme/spannungen und den Gesamtstrom bzw. die Gesamtspannung sowie die Widerstände direkt am DMM. Berechnen Sie mittels Strom und Spannung den Gesamtwiderstand. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit den rechnerischen Erwartungen.

Jetzt soll eine Schaltung mit einem möglichst großen Gesamtwiderstand ($\geq 8 \text{ M}\Omega$) aufgebaut werden. Beachten Sie, dass für die Versuchsdurchführung die Spannung vom Power Supply nicht zu groß werden darf ($\leq 20 \text{ V}$). Messen Sie auch hier sämtliche Ströme, Spannungen und Widerstände. Ermitteln Sie den Gesamtwiderstand und Einzelwiderstände über die gemessenen Strom- und Spannungswerte und vergleichen Sie ihn mit der direkten Messung sowie den theoretischen Werten.

Was fällt Ihnen bei den Messungen auf? Nennen Sie etwaige Abweichungen zwischen theoretischen und gemessenen Werten und überlegen Sie sich die Ursache. Wie kann man diese Probleme beheben?

Stellen Sie nun das DMM auf DC V und drücken Sie viermal die grüne „Config“-Taste. Wählen Sie „HI-Z“, bestätigen Sie alle weiteren Einstellungen mit „Enter“ und führen Sie die letzten Spannungs-Messungen erneut durch. Was fällt nun auf? Was wurde umgestellt und welchen Einfluss hat es auf die Messung? Probieren Sie, was mit den Einzelspannungen passiert, wenn man nun doch die Spannung von 20 V langsam überschreitet?

Auswertung:

Diskutieren Sie, welche Auswirkungen die eben ermittelten Ergebnisse auf Messungen haben. Wann kann man nicht mehr von einem idealen Strom- oder Spannungsmessgerät ausgehen? Stellen Sie insbesondere auch einen Zusammenhang zu Aufgabe 1 her.

Aufgabe 3: Kennlinien

Ziel dieser Aufgabe ist es Kennlinien verschiedener Bauteile mit dem Oszilloskop aufzunehmen. Bauen Sie dazu die Schaltung in Abb. 3 auf.

Erklären Sie die Schaltung. Wozu benötigt man den Widerstand? Welche Dimensionierung macht Sinn (Spannung)? Beachten Sie vor allem, dass der Strom unter 1mA bleibt, da sonst manche Bauteile beschädigt werden können. Als Ausgangsfrequenz empfiehlt sich 20Hz. Der Außenleiter

des Frequenzgenerators sollte auf der Seite des Widerstands angeschlossen werden, um die Auswirkungen eines im Frequenzgenerator zwischen Außenleiter der BNC-Buchse gegen Erde eingebauten Kondensators gering zu halten.

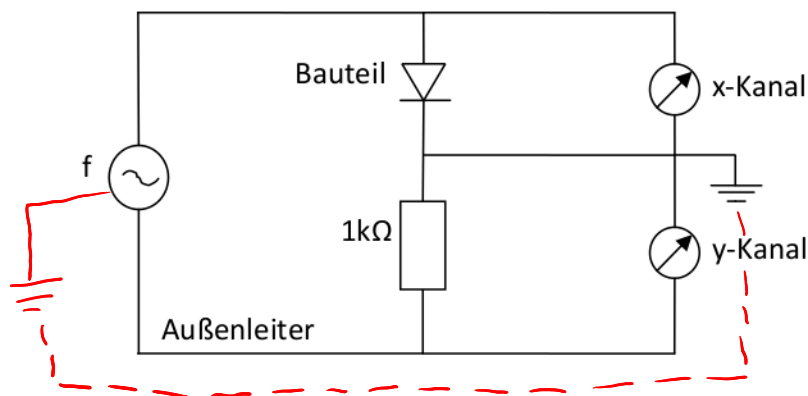


Abbildung 3: Schaltplan zur Kennlinien-Messung

Nehmen Sie mittels Oszilloskop mehrere Kennlinien verschiedener Bauteile auf. Der xy-Betrieb des Oszilloskops wird aktiviert, indem man im Horizontal-Menü die entsprechende Einstellung wählt. Je nach konkretem Aufbau kann es nötig sein, die Kanäle zu invertieren. Drücken Sie dazu die Kanalnummer und wählen Sie den entsprechenden Eintrag. Wurde zuvor das Oszilloskop automatisch

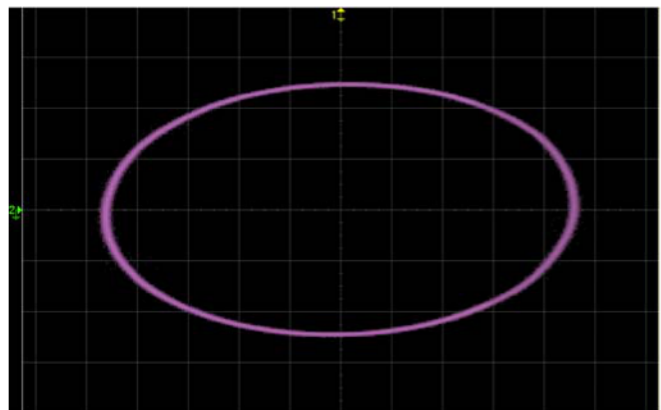


Abbildung 4: Beispiel einer Kennlinie

skaliert, so können die Achsen eventuell eine Verschiebung aufweisen. Korrigieren Sie dies für die beiden verwendeten Kanäle. Speichern Sie Ihre Aufnahmen auf einem USB-Stick. Betrachten Sie auch, wie sich die Kennlinien beim Verändern der Frequenz verhalten. Interessant ist es auch, das Durchlaufen der Kennlinie bei 1Hz zu beobachten.

Führen Sie den Versuch für mindestens 4 verschiedene Bauteile durch.

Auswertung:

Ordnen Sie die Kennlinien den entsprechenden Bauteilen zu. Begründen Sie Ihre Zuordnung und erklären Sie welche Unterschiede die Kennlinien aufweisen. Ermitteln Sie außerdem die für das Bauteil charakteristischen Daten aus den aufgenommenen Kennlinien. Diskutieren Sie die Frequenzabhängigkeit der Kennlinien.

Aufgabe 4: Analyse eines Zufallssignals

Verbinden Sie Funktionsgenerator und Oszilloskop mit einem Koaxialkabel. Starten Sie nun das LabVIEW-VI „Zufallssignal“. Führen Sie es aus und generieren Sie ein neues Signal durch Drücken des entsprechenden Buttons. Analysieren Sie dann Form, Frequenz, Amplitude, Offset und gegebenenfalls das Tastverhältnis des Signals. Wie man das Signal analysiert ist dabei jedem selbst

überlassen. Ein Blick in die Anleitung des Oszilloskops kann die Arbeit aber deutlich vereinfachen. Drücken Sie nach der Analyse den Button für das Zurücksetzen des Funktionsgenerators, da sonst Anzeige und Knöpfe gesperrt sind.

Aufgabe 5: Gestörte Messung

a) Virtuelles Labor

Im virtuellen Labor sollen Sie einen ersten Eindruck über die Wirkung von Geräten auf Messungen bekommen. Verbinden Sie mittels eines BNC-Kabels Funktionsgenerator und Oszilloskop. Stellen Sie sicher, dass beide Geräte laufen. Öffnen Sie nun das VI „Virtuelles Labor“. Das VI ist so programmiert, dass es ein schwaches Gleichspannungs-Signal ausgibt. Die Ausgabe erfolgt innerhalb von LabVIEW direkt auf dem Bildschirm und gleichzeitig mittels Fernprogrammierung über den Funktionsgenerator. Durch An- und Ausschalten der einzelnen Geräte im VI kann das Signal gestört werden. Finden Sie die störenden Geräte durch Ausprobieren heraus und ermitteln Sie die jeweiligen Frequenzen dazu. Analysieren Sie sowohl innerhalb von LabVIEW als auch auf dem Oszilloskop. Finden Sie Unterschiede? Wenn ja: Worin unterscheiden sich die beiden Signale und was könnte die Ursache sein?

Bedienung des Oszilloskops:

Zur Analyse auf dem Oszilloskop sollten Sie zunächst die „Autoscale“-Taste drücken, damit sich das Gerät auf das eingehende Signal einstellt. Fügen Sie nun durch Drücken von „Math“ und den erscheinenden Menüs die FFT (Fast Fourier Transform) für den entsprechenden Kanal hinzu. Üblicherweise ist die Zeitachse bei der Autoscale-Funktion so gewählt, dass man keine vernünftige Analyse durchführen kann, da nur wenige Schwingungen aufgenommen werden. Durch verändern der Zeitachse kann man die Anzahl erhöhen und die FFT passt ihre Achseneinteilung automatisch an. Man kann die FFT-Einstellungen auch manuell über das Math Menü weiter den eigenen Anforderungen anpassen, die automatischen Einstellungen sind aber in der Regel gut.

Da bei kontinuierlicher Messung das Bild nicht immer stabil genug ist, sollte man gegebenenfalls eine Einzel-Aufnahme durch Drücken von „Single“ erzwingen. Um keine zufälligen Rausch-Peaks zu messen, sollte man dann jedoch mehrere Einzel-Aufnahmen betrachten. Eine Verbesserung erhält man auch durch die Average-Funktion (Mittelung mehrerer Spektren) des Oszilloskops.

Zur besseren Analyse bietet es sich an, das Eingangssignal durch zweimaliges Drücken der Kanalnummer auszublenden und nur die FFT zu betrachten. Durch Drücken von „Cursors“ wird das manuelle Messmenü aufgerufen. Hier kann man die Cursor-Linien frei bewegen und so alle interessanten Punkte vermessen.

b) Reale Störungen

Ziel der Aufgabe ist es, Störungen verschiedener Geräte auf die Messung einer kleinen Spannung zu analysieren.

Stellen Sie am Power Supply eine Spannung von 1 mV ein und versuchen Sie diese Spannung wie im Folgenden beschrieben zu messen. Schließen Sie zwei lange Laborkabel an die entsprechenden Ausgänge des Power Supplys und verbinden Sie diese mittels Adapter und gegebenenfalls weiterer Kabel mit einem Eingang des Oszilloskops. Starten Sie die Ausgabe des Signals und betrachten Sie es auf dem Oszilloskop, während sämtliche Geräte in Betrieb sind. Überlegen Sie sich, wie aussagekräftig eine Messung angesichts des Signal-Rausch-Verhältnisses ist. Untersuchen Sie auch die Fourier-Transformation des Gleichspannungssignals auf störende Frequenzen. Schalten Sie alle nicht benötigten Geräte aus und beobachten Sie dabei, wie sich das Signal ändert.

Um die weiteren Messungen zu vereinfachen macht es Sinn, danach die Datenerfassung des Oszilloskops umzustellen. Wählen Sie dazu im Menü „Acquire“ die Option „Averaging“. Probieren Sie aus, bei welcher Einstellung (Anzahl der zu mittelnden Durchgänge) gute Ergebnisse erreicht werden. Finden Sie außerdem heraus, welche Zeitskalierung sinnvoll ist. Untersucht werden soll der Frequenzbereich von 0Hz bis etwa 100kHz. Legen Sie dann die Laborkabel über die am Praktikumsplatz stehenden Geräte, schalten das zu untersuchende Gerät wieder ein und betrachten Sie Signal und FFT am Oszilloskop. Alternativ kann man auch die Kabel bei eingeschaltetem Gerät in die Nähe bringen und wieder entfernen. Beobachtet man zeitgleich die Auswirkungen am Oszilloskop, kann man so auch Störungen des Power Supplys und des Oszilloskops analysieren. Untersuchen Sie einige Geräte (Messgeräte, PC-Monitor, PC). Notieren Sie sich, welches Gerät welche Frequenzen aussendet und speichern Sie gegebenenfalls aussagekräftige Screenshots auf einem USB-Stick.

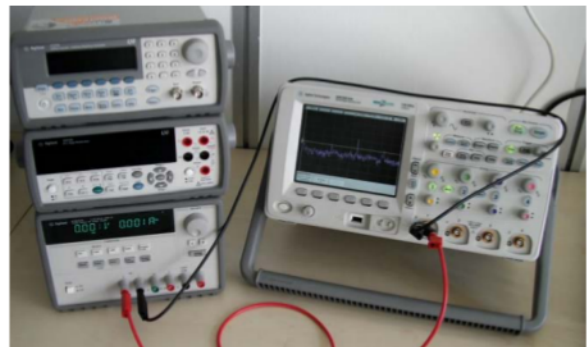


Abbildung 5: Exemplarischer Aufbau zur Analyse der Störwirkung des Oszilloskops

Wiederholen Sie den Versuch und verwenden Sie anstelle der Laborkabel ein Koaxialkabel mit BNC-Steckern (zum Anschluss am Power Supply muss ein passender Adapter verwendet werden). Was ändert sich im Vergleich zu den Laborkabeln?

Auswertung:

Geben Sie einen Überblick über die Störungen der verschiedenen Geräte auf die Messung der kleinen Gleichspannung. Belegen Sie Ihre Aussagen unter Zuhilfenahme von Screenshots. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse auch mit dem virtuellen Labor.

Für alle, die noch Zeit und Lust haben ...

Aufgabe 6: Schreiben mit dem Funktionsgenerator

Überlegen Sie, wie man mit einer mathematischen Funktion (bzw. der Arbiträr-Funktion des Signalgenerators) INHALT, MANN, HALLO oder einen eigenen mindestens vier Buchstaben langen Text schreiben kann. Entwerfen Sie dazu einen Plan, in dem sämtliche Spannungswerte und Verläufe erkenntlich sind. Beachten Sie dabei, dass ein geeignetes Trigger-Signal die spätere Beobachtung auf dem

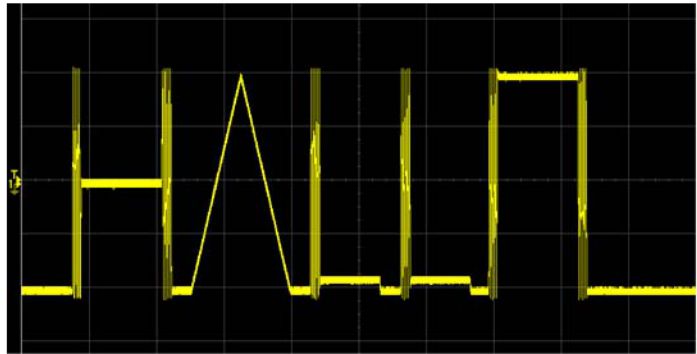


Abbildung 6: Beispiel eines programmierten Schriftzugs

Oszilloskop vereinfachen kann (Wie wird bei einem analogen Videosignal (zum Beispiel FBAS) ein Zeilenumsprung gekennzeichnet?). Außerdem lässt sich das Bild leichter stabilisieren, wenn man lediglich die halbe Periodendauer für den Schriftzug verwendet. Über „Arb“ - „Create New“ kann man nun den Schriftzug programmieren. Wählen Sie eine geeignete Periodendauer, Maximal- und Minimalspannung sowie die für Ihren Schriftzug notwendige Anzahl an Punkten. Mittels „Edit Points“ können Sie nun die Punkte bearbeiten. Eine Vorschau, in der man weiter programmieren kann, erhält man durch drücken der „Graph“-Taste. Nähere Details finden sich in der Anleitung. Um auch das Ausgabe-Signal beobachten zu können, verbinden Sie nun den Funktionsgenerator und das Oszilloskop mit einem BNC-Kabel. Stellen Sie das Oszilloskop (Zeitskalierung) geeignet ein und optimieren Sie eventuell die Triggerung über das entsprechende Menü am Oszilloskop.

Um den Schriftzug besonders gut lesen zu können, können Sie am Oszilloskop die Intensität erhöhen. Untersuchen Sie nun auf dem Bildschirm mögliche Besonderheiten. Betrachten Sie insbesondere Kanten und Anstiege mittels der Zoom-Funktion des Oszilloskops. Was fällt auf und wie kann man die Auffälligkeiten erklären? Was kann man überhaupt mit dem Funktionsgenerator sinnvoll schreiben?

Aufgabe 7: Visualisierung von Musik

Hier können Sie Musik-Stücke auf dem Oszilloskop visualisieren und anhand der aufgenommenen Daten den lautesten und leisesten Punkt des Stücks finden. Außerdem soll der Übergang zwischen den Stücken ermittelt werden.

Starten Sie dazu den Windows Mediaplayer und fügen Sie die beiden Beispiel-Lieder von Windows (Highway Blues von Marc Seales und Beethovens 9. Symphonie) zu einer

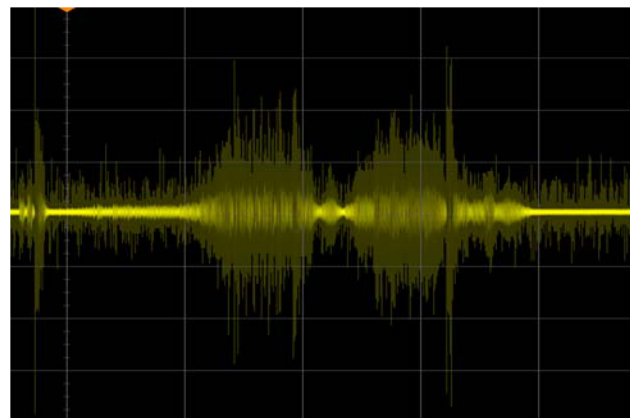


Abbildung 7: Lied A

Wiedergabe-Liste hinzu. Schließen Sie den Lautsprecherausgang des PCs an das Oszilloskop an und starten Sie die Musik-Wiedergabe. Fortgeschrittene können auch mit einem zweiten Kabel ein Stereo-Signal aufnehmen. Drücken Sie während der Wiedergabe auf „Autoscale“ um die Amplitude an die Lautstärke anzupassen. Beachten Sie, dass auch die lautesten Passagen angezeigt werden sollen und justieren Sie gegebenenfalls manuell nach. Um später die Zeit besser ablesen zu können, kann man mit dem Funktionsgenerator ein zusätzliches 1 Hz-Signal hinzufügen.

Berechnen Sie die Dauer der Wiedergabe und stellen Sie die Zeitachse des Oszilloskops entsprechend ein. Eine feinere Zeiteinteilung erhält man, indem man unter „Menu/Zoom“ „Vernier“ aktiviert. Starten Sie nun möglichst gleichzeitig eine Einzelaufnahme des Oszilloskops und die Musik-Wiedergabe. Erschrecken Sie nicht, wenn lange Zeit nichts angezeigt wird: Das Oszilloskop zeigt erst nach der Hälfte der Gesamt-Messdauer ein Signal an. Warten Sie nun unbedingt, bis die „Run/Stop“-Taste rot leuchtet! Greifen Sie zuvor in die Messung ein, löscht das Oszilloskop sämtliche Daten und Sie müssen erneut aufnehmen. Sie sollten nun die beiden in den Abbildungen gezeigten Strukturen auf dem Display erkennen können.

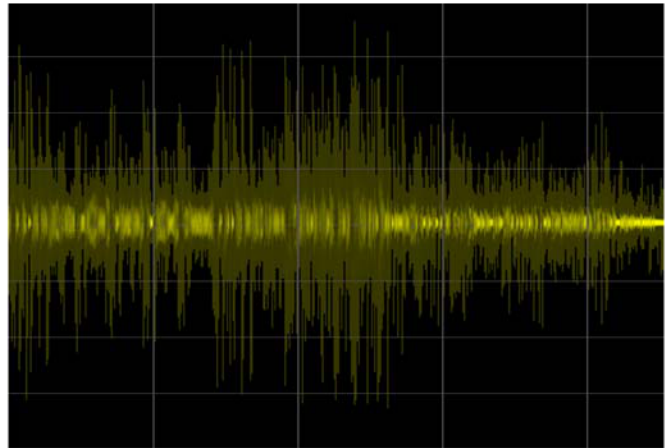


Abbildung 8: Lied B

Haben Sie eine Aufnahme, bei der man beide Strukturen erkennen kann, so speichern Sie Ihre Messung auf einem USB-Stick. Drücken Sie dazu „Save/Recall“ und geben Sie einen Dateinamen ein. Wählen Sie dann eins der 24-bit Bild-Formate.

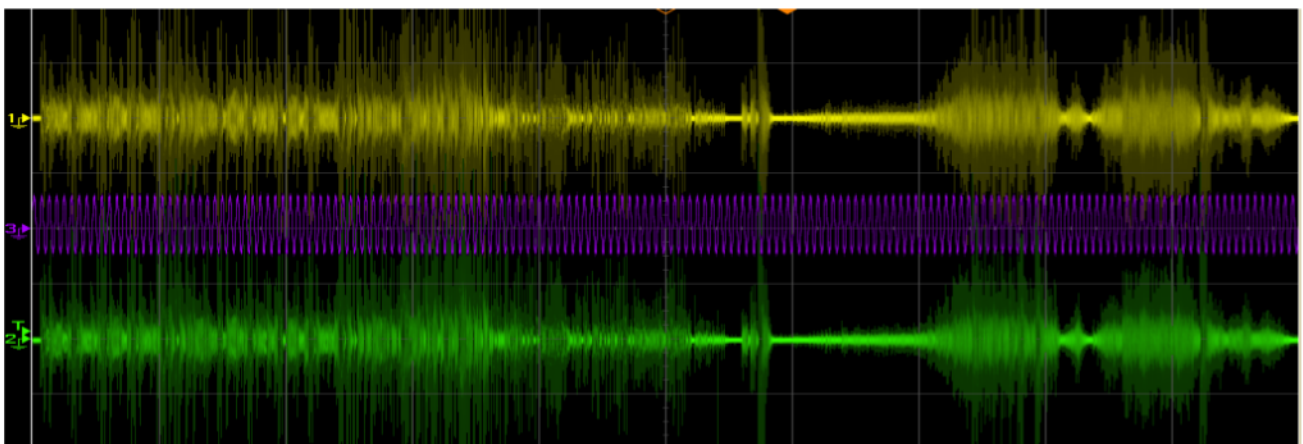


Abbildung 9: Beispiel einer Stereo-Musikaufnahme mit zusätzlichem 1Hz-Signal

Auswertung:

Welche der beiden oben abgebildeten Aufnahmen entspricht welchem Lied? Wann ist der Wechsel zwischen den Liedern und wann sind die lautesten und leisesten Stellen?