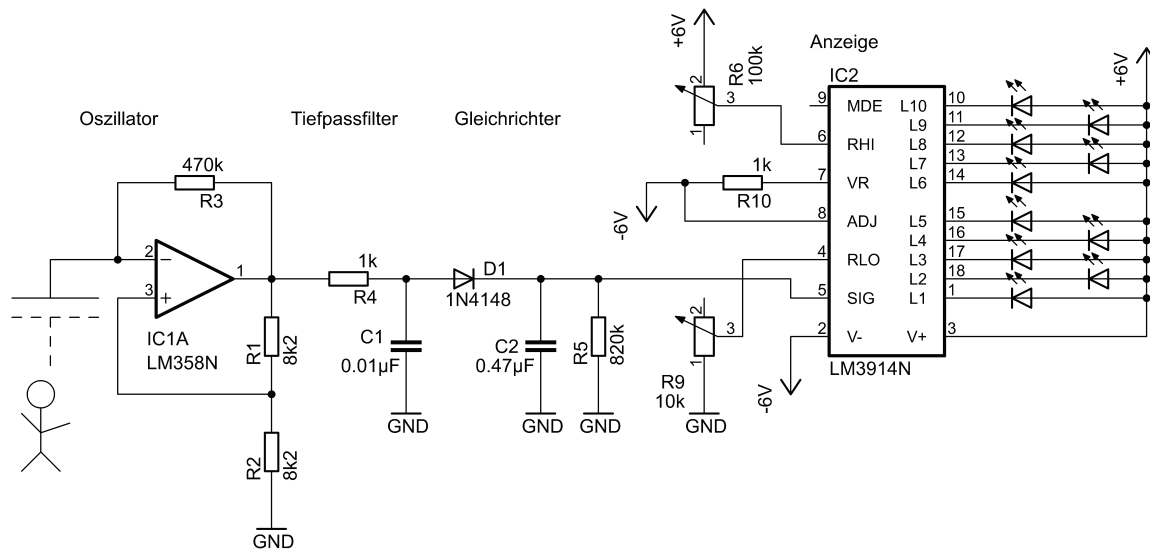


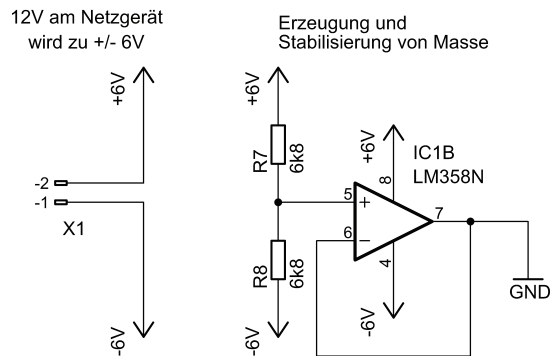
Kapazitiver Näherungssensor

Erweiterungen: keine

1 Schaltung



Spannungsversorgung



2 Versuchsbeschreibung

Mithilfe des Näherungssensors kann ein leitender Gegenstand (Körperteil, Handfläche) in der Nähe der Elektrode detektiert werden. Dazu wird die Kapazität der Elektrode zur Außenwelt als frequenzbestimmendes Element in einem Oszillator verwendet und dessen Schwingfrequenz ausgewertet. Mithilfe eines Tiefpasses werden die hohen Frequenzen abgeschwächt und die Amplitude der gefilterten Schwingung anschließend gleichgerichtet. Diese gleichgerichtete Spannung wird dann durch den Display Driver LM 3914 durch die LEDs angezeigt. Die so erzeugte Spannung hängt somit von der Frequenz ab welche wiederum vom Abstand der Hand zur Elektrode abhängt. Je geringer der Abstand zwischen Hand und Elektrode, desto mehr wandert die LED Anzeige Richtung rot (geringerer Abstand -> größere Kapazität -> geringere Frequenz -> größere Spannung am Ausgang des Tiefpasses). Mit den hier dimensionierten Bauteilwerten wird eine flach ausgestreckte Hand ab ca. 5cm Entfernung detektiert.

2.1 Schaltungsteile, Erklärung und Dimensionierung

2.1.1 Oszillator

Basis des Oszillators bildet ein invertierender Schmitt-Trigger. Die Schaltschwellen wurden bei $\frac{U_B}{2}$ gewählt.

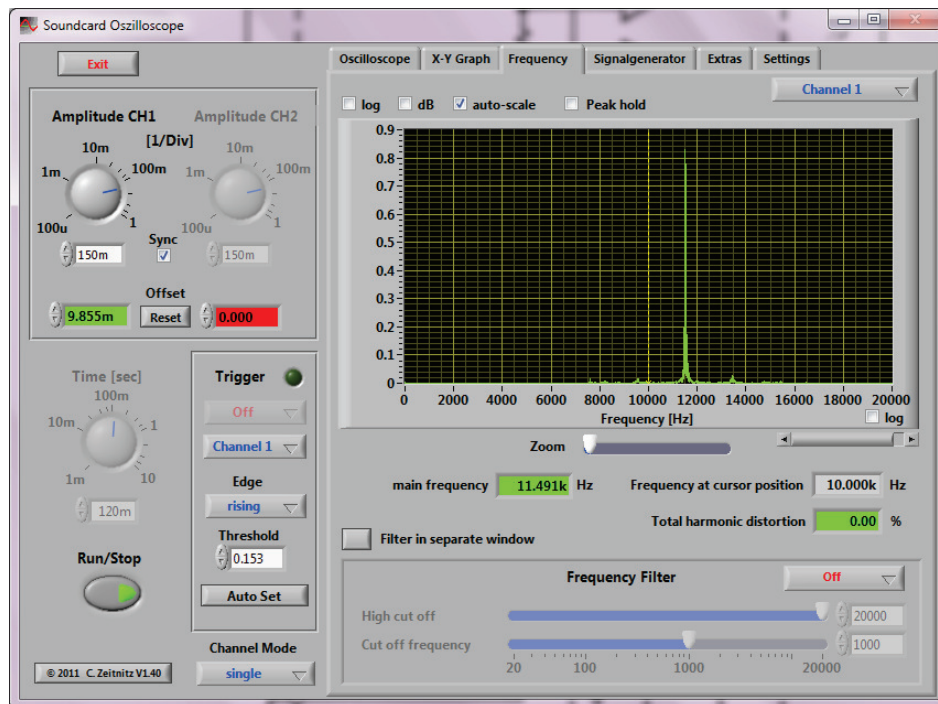
$$U_{\text{schalt}} = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2} \stackrel{R_1=R_2}{=} \frac{U_B}{2} \quad (2.1)$$

Die konkrete Dimensionierung ist unkritisch. Die Werte sollten zwischen 1 – 100kΩ liegen, um den Ausgang des OPV nicht zu stark zu belasten.

Das RC Glied bestimmt die Frequenz der Schwingung. Da die Kapazität der Elektrode nicht bekannt ist, ist diese nur sehr grob abzuschätzen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Kapazität einen sehr geringen Wert aufweist. Um trotzdem bei einer relativ niedrigen Frequenz arbeiten zu können, muss R_3 hochohmig gewählt werden. Durch Messungen wurden 470 kΩ als Optimum ermittelt.

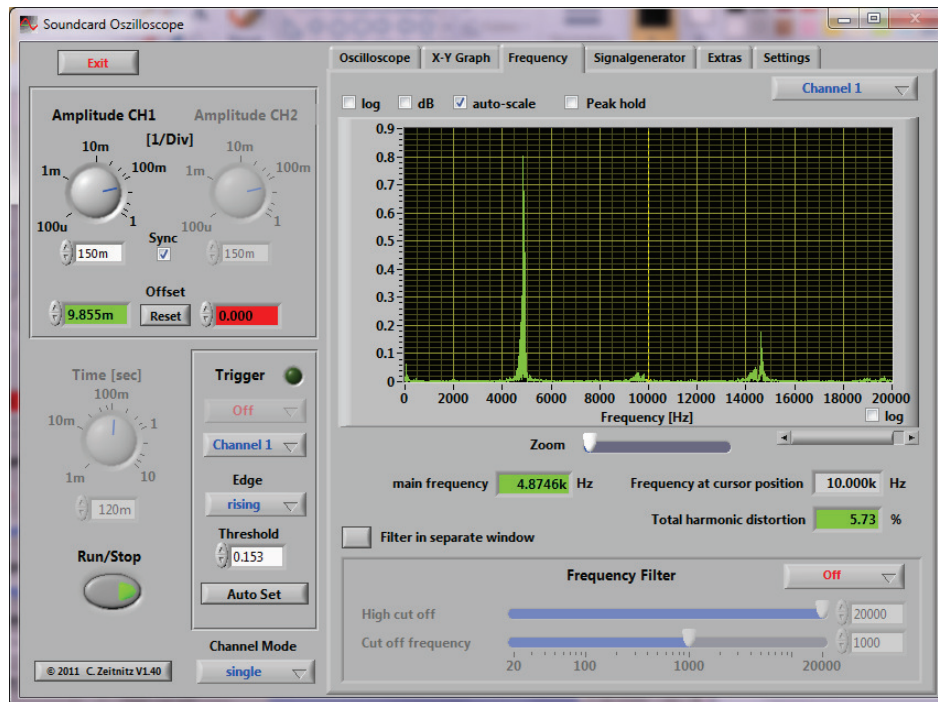
Dadurch ergeben sich folgende Grenzfälle:¹

frei liegende Elektrode



¹Die folgenden Bilder wurden mit dem Programm Soundcard Oscilloscope generiert. Gemessen wurde am Ausgang des Oszillators. Das Bild zeigt das mit der Oszilloskopsoftware ermittelte Spektrum des Signals und somit die Frequenz der Grundschwingung als dominanten Peak.

Hand 100µm an Elektrode (nur Papier dazwischen)



Die Frequenz variiert also zwischen 5 und 12 kHz.

2.1.2 Tiefpass

Diese Frequenzänderung soll nun in eine Amplitudenänderung umgesetzt werden, dies kann mit einem Tiefpass geschehen. Dazu muss die Grenzfrequenz in die Nähe der beiden Grenzfälle gelegt werden.

$$f_g = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{R_4 C_1} \quad (2.2)$$

Die verwendete Kapazität muss klein gewählt werden, damit R_4 einen großen Wert aufweist und den OPV nicht belastet. 10nF sind im Sortiment vorhanden. Mit $R_4 = 1k\Omega$:

$$f_g = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 15,92 \text{ kHz} \quad (2.3)$$

Will man die Schaltung genau durchrechnen, muss man den Gleichrichter und den Eingangswiderstand des Display Drivers berücksichtigen. Die Bewegung der Hand und die optische Wahrnehmung ist aber viel langsamer als die auftretende Frequenz, das Laden des Kondensators ist also vernachlässigbar². Der Eingangswiderstand des LM 3914 und R_5 sind um Zehnerpotenzen größer als R_4 und spielen daher auch keine Rolle.

²Die genaue Erfassung der Belastung durch den Gleichrichter ist kompliziert da er eine nichtlineare Last darstellt die überdies von der Vorgeschichte abhängt. Der Gleichrichter zieht Strom nur während der kurzen Zeiten in denen der Ladekondensator C_2 nachgeladen wird (während der positiven Spannungsspitzen). Auch bei konstanten Verhältnissen (Hand in konstantem Abstand, Frequenz konstant) wird regelmässig nachgeladen, da C_2 sich über R_5 und den Eingang des LM3914 entlädt. Dies muss auch so sein, da ansonsten ein Entfernen der Hand (und somit Absinken der Schwingungsamplitude) nicht mehr registriert werden würde, C_2 würde ohne Entladung auf dem zuletzt registrierten Spitzenwert bleiben! Siehe auch die Diskussion unten (Abschnitt 2.1.3)

2.1.3 Gleichrichter

Der Display Driver LM 3914 kann nur Gleichspannungen anzeigen, d.h. das Signal muss noch gleichgerichtet werden. Da der Spitzenwert der Ausgangsspannung für die höchste interessierende Frequenz (ca. 11,5 kHz, Elektrode ohne Hand) über 2V ist, ist der Spannungsabfall über die Diode (ca. 0,7V) unkritisch.

Die Leckströme von C_2 sind so gering, dass einmal aufgeladen, der Kondensator lange in diesem Zustand bleiben würde. Über R_5 kann sich dieser entladen. Wählt man R_5 zu klein, wird der Kondensator C_2 während der LOW-Phase zu stark entladen und die Anzeige-Leds beginnen zu flackern.

2.1.4 Anzeige

Über die Eingänge RLO und RHI des LM3914 können die Aussteuergrenzen des Anzeigemoduls angepasst werden. Die untere Grenze stellt den Fall der freiliegenden Elektrode dar, die obere den Fall der aufliegenden Hand. Da die Grenzen stark von der Größe der verwendeten Elektrode abhängen, wurde R_6 und R_9 als Potentiometer ausgeführt. Dadurch kann die Aussteuergrenze angepasst werden.

2.1.5 Spannungsversorgung

Da keine symmetrische Spannungsversorgung zur Verfügung steht, muss eine "künstliche" Masse erzeugt werden. Dazu wird ein OPV als Spannungsfolger beschaltet und eingangsseitig auf die halbe Betriebsspannung gelegt.

Die so erzeugte Spannung ist in einem gewissen Bereich sehr stabil (Gegenkopplung), kann aber keinen sehr großen Strom liefern oder ziehen (d.h. insbesondere sollten keine LED-Ströme über diese künstliche Masse fließen).

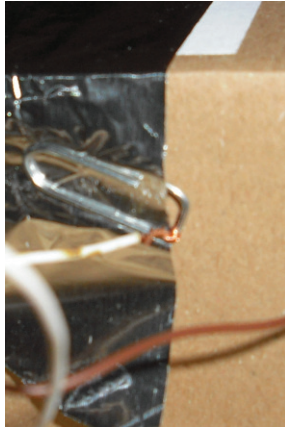
2.1.6 Elektrode

Als Elektrode wurde ein Stück Alufolie der Größe 14 x 14 cm verwendet. Die Größe ist entscheidend, wenn die Dimensionierung der Schaltung direkt übernommen werden soll. Weiters wurde die Elektrode am Deckel des Baukastens geklebt, um ein paar Zentimeter Luft darunter zu haben und dadurch die kapazitive Kopplung zum Tisch zu minimieren.



Die Folie muss mit einem Blatt Papier abgedeckt werden, um die Elektrode galvanisch von der Haut zu isolieren.

Kontaktiert wurde die Folie mit Hilfe einer Büroklammer.



2.2 Oszilloskop Software

Da Oszilloskope preislich eine hohe Hürde darstellen, kann man sich bei niedrigen Frequenzen mit der Soundkarte des PC's abhelfen. Dazu gibt es im Internet³ Software um diese zu nutzen. Um größeren Schaden zu vermeiden, empfiehlt es sich USB-Soundkarten zu werden, die im Bedarfsfall einfach ausgetauscht werden können. Zusätzlich ist es möglich, den im Mikrofoneingang vorhandenen Hochpass auszulöten um Gleichspannung messen zu können. Frequenzmäßig ist man aber stark eingeschränkt, da Soundkarten nur für hörbare Signale ausgelegt sind (<20 kHz). Daten über den genauen Frequenzgang und Verzerrungen der Karte sind nur selten verfügbar.

³<http://www.zeitnitz.de/Christian/scope>