



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

ELEKTRONIK PRAKTIKUM

---

# Aufbau einer Messkette, Rauschen

---

*Verfasser:*

Henrik JÜRGENS

Frederik STROTHMANN

*Tutoren:*

Hans-Peter KIND

Peter KNIELING

Marius WENSING

28. Januar 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Fingerpulssensor</b>	<b>2</b>
2.1	Aufbau . . . . .	2
2.2	Bestimmung des SRV . . . . .	3
2.3	Differenzieren/Filtern des Sensorsignals . . . . .	4
2.4	Digitalisierung mit Diskriminator . . . . .	6
2.5	Automatische Einstellung der Referenzspannung . . . . .	7
2.6	Pulsschlag hörbar machen . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Fazit</b>	<b>9</b>

# 1 Einleitung

In diesem Versuch soll eine Messreihe aufgenommen und vom Rauschen befreit werden. Ziel ist es ein System zur Aufnahme des Pulsschlages aufzubauen.

## 2 Fingerpulssensor

In diesem Versuch wird das Signal eines Fingerpulsmessers untersucht und digitalisiert.

### 2.1 Aufbau

Im ersten Versuchsteil wird die Schaltung zur Inbetriebnahme des Fingerpulssensors aufgebaut. Und der Puls gemessen.

#### Verwendete Geräte

Es werden ein Netzgerät, Widerstände, Kondensatoren, ein Potentiometer, der Fingerpulssensor und ein Oszilloskop verwendet.

#### Versuchsaufbau

Die Werte der Bauteile sind in der Abbildung angegeben. Der nicht eingezeichnete Kondensator wird als Tiefpassfilter direkt über die Eingangskabel am Oszilloskop gesteckt.

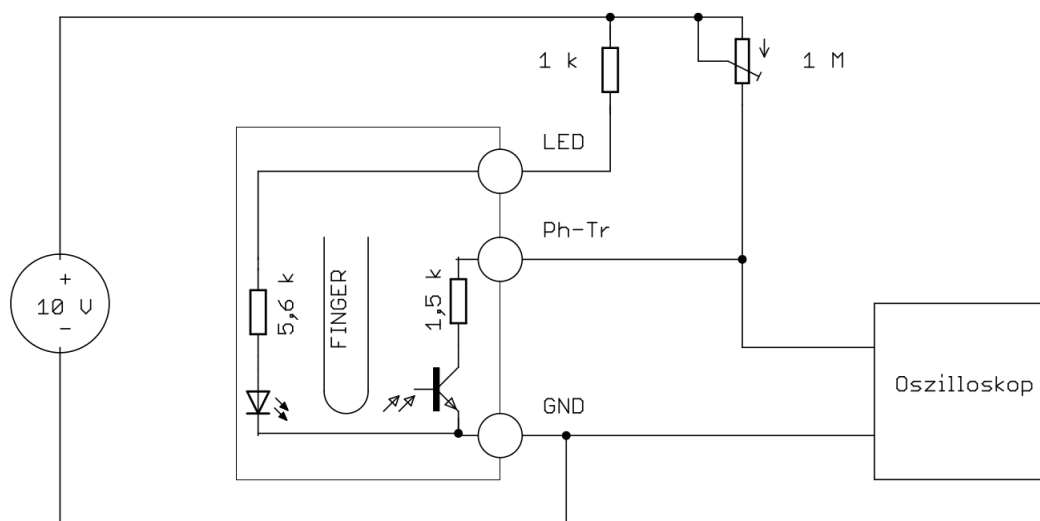


Abbildung 1: Schaltskizze zur Inbetriebnahme des Fingerpulssensors<sup>1</sup>

#### Versuchsdurchführung

Die Schaltung in Abbildung 1 wird aufgebaut. Am Oszilloskop wird ein 100 nF Kondensator eingebaut, um die Signalqualität zu verbessern.

<sup>1</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12_14.pdf) am 20.12.2014

## Auswertung

Der Fingerpulssensor wurde angeschlossen und der Puls gemessen. Der Verlauf der Kurve ist in Abbildung 2 zu sehen.

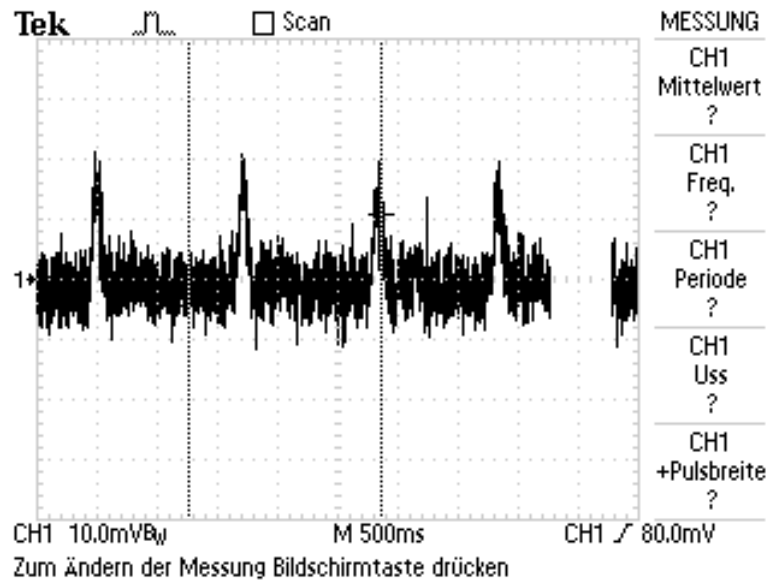


Abbildung 2: Aufnahme des Pulssignals

## Diskussion

Die Schaltung konnte problemlos aufgebaut werden und das Signal wurde bei einer Zeitauflösung von 500 ms mit dem Oszilloskop beobachtet. Mit der Einstellung AC wurde der Gleichspannungsanteil vernachlässigt, sodass der Puls und das Rauschen deutlich zu erkennen waren.

## 2.2 Bestimmung des SRV

In diesem Versuchsteil soll das Signal-Rausch-Verhältnis bestimmt werden.

### Verwendete Formeln

Das Signal-Rausch-Verhältnis ergibt sich nach Gleichung 1.

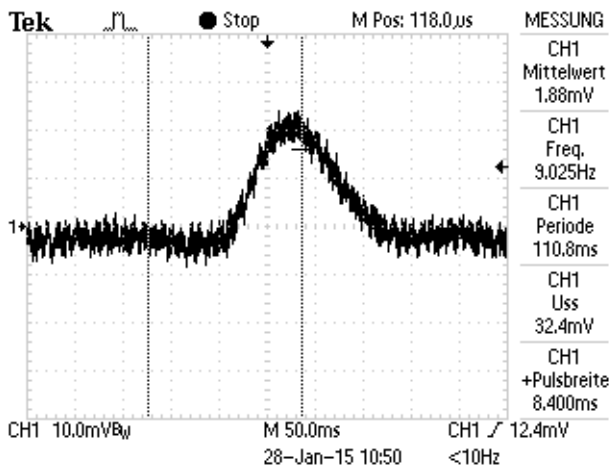
$$\text{SRV} = \frac{U_{\text{nutz}}^2}{U_{\text{rausch}}^2} \quad (1)$$

### Versuchsdurchführung

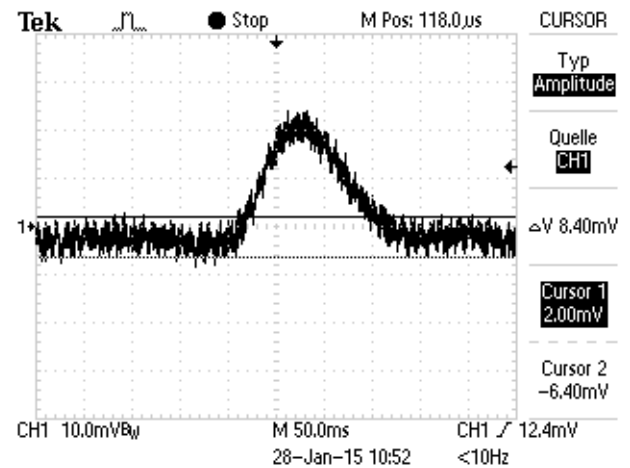
Mittels der Funktion „Measure/Cursor“ wird für das Eingangssignal und das Störsignal die Spitzenspannung  $U_{ss}$  gemessen. Dann wird mit Gleichung 1 aus den Quadraten der gemessenen Spannungen das SRV, also das Verhältnis der Leistungen, bestimmt.

## Auswertung

Das Signal-Rausch-Verhältnis sollte bestimmt werden, dafür wurde die Spannung von Spitze zu Spitze gemessen, sowie die breite des Rauschens. Die Aufnahme des Signals ist in Abbildung 3 zu sehen. In Abbildung 3b wird die breite des Rauschens bestimmt und in Abbildung 3a wird die Spitze-Spitze-Spannung gemessen.



(a) Aufnahme des Pulses, mit Bestimmung von  $U_{ss}$



(b) Aufnahme des Pulses, mit Bestimmung von  $U_{rauschen}$

Abbildung 3: Aufnahmen zur Bestimmung der SRV

Für  $U_{ss}$  ergibt sich ein Wert von 32,4mV und für  $U_{rauschen}$  ein Wert von 8,4mV. Mit Gleichung 1 ergibt sich ein SRV von 14,88.

## Diskussion

Die Spitzenspannung  $U_{ss}$  wurde mit der Funktion „Measure“ und das Rauschen mit den Cursors am Oszilloskop bestimmt, woraus sich das Signal-Rausch-Verhältnis ergab. Dies ist in den Aufnahmen Abb. 3a und 3b zu sehen.

## 2.3 Differenzieren/Filtern des Sensorsignals

In diesem Versuchsteil wird das Signal mit Filtern und Verstärkern weiterverarbeitet. Dabei werden ein Hoch- und ein Tiefpassfilter verwendet. Die Grenzfrequenz ergibt sich nach Gleichung 2, damit können die Werte der Bauteile bestimmt werden.

$$F_{\text{grenze}} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

## Verwendete Geräte

Es werden ein Netzgerät, Widerstände, Kondensatoren, ein Potentiometer, der Fingerpulssensor und ein Oszilloskop verwendet.

## Versuchsaufbau

In Abbildung 4 ist die Schaltskizze des Fingerpulssensors mit Differenzierer/Filter zu sehen.  $R_H$  ist ein 10kΩ Widerstand, für  $C_H$  wird ein 10μF Kondensator verwendet.  $R_T$  ist 100kΩ groß und für  $C_T$  wird ein 100nF Kondensator verwendet.

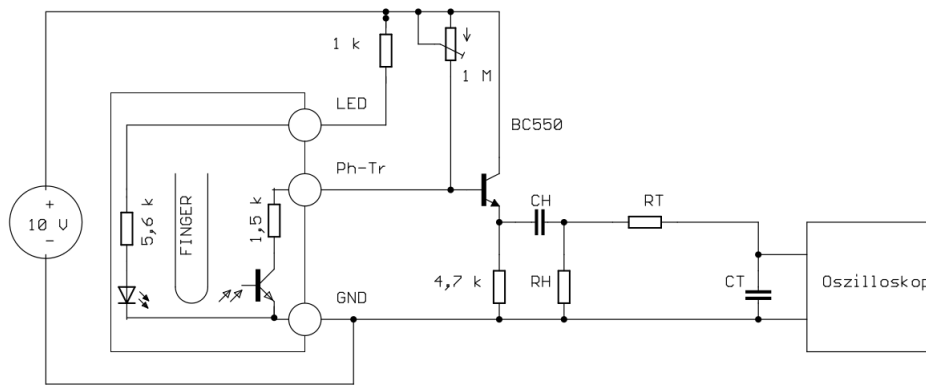


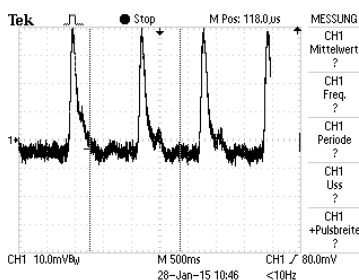
Abbildung 4: Schaltskizze für das Differenzieren/Filtern des Sensorsignals<sup>2</sup>

## Versuchsdurchführung

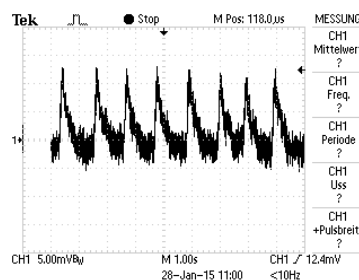
In die Schaltung in Abb. 1 wird ein Differenzierer/Hochpass eingebaut, welcher die Offsetspannung ignoriert, sodass am Oszilloskop auch die Einstellung DC verwendet werden kann. Da auch kurze Bananenkabel starke zusätzliche Störungen einfangen, wird die Bandbreite des Oszilloskops auf 20MHz reduziert. Ebenso wird ein Tiefpass/Integrierer nachgeschaltet, welcher hohe Frequenzen filtern soll. Nachdem die Schaltung in Abbildung 4 aufgebaut und mit dem Oszilloskop der Verlauf des Ausgangssignals aufgenommen wurde, wird der Kondensator CT durch einen 10 nF und einen 0,1  $\mu$ F Kondensator ersetzt. Das Ausgangssignal wird jeweils mit dem Oszilloskop aufgenommen.

## Auswertung

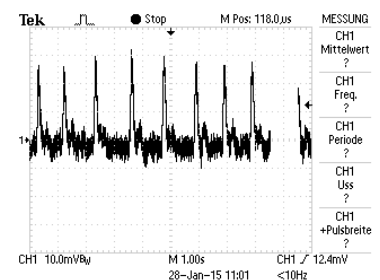
Durch den Filter soll die Signalqualität verbessert und das Rauschen minimiert werden. Der Kondensator des Tiefpassfilters wurde durch einen 10 mal größeren und einen 10 mal kleineren ersetzt und dann das Pulssignal aufgenommen. In Abbildung 5 sind die Verläufe für die drei Kondensatoren zu sehen.



(a) Aufnahme des Signals mit dem 1 $\mu$ F Kondensator



(b) Aufnahme des Signals mit dem 10 $\mu$ F Kondensator



(c) Aufnahme des Signals mit dem 0,1 $\mu$ F Kondensator

Abbildung 5: Kurven für  $C_T = 1, 10, 0,1 \mu F$

<sup>2</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12_14.pdf) am 20.12.2014

## Diskussion

Der Vorteil des BC550 ist, dass die Spannung gleich bleibt und der Strom erhöht wird. Für Differenzierer und Integrierer wurden Grenzfrequenzen von 0,1 Hz und 10 Hz gewählt, sodass die Frequenzen, des Fingerpulssensors im Bereich von 1 Hz durchgelassen wurden.  $R_H$  wurde im Vergleich zu  $C_H$  groß gewählt (10 k $\Omega$ ), um die Spannungsquelle nicht zu belasten. Um die Grenzfrequenz des Hochpasses nicht zu stark durch den nachgeschalteten Tiefpass zu belasten, wurde für  $R_T$  ein Widerstand von 100 k $\Omega$  verwendet. Wie erwartet konnte mit den Filtern das Signal verbessert werden. In den Fällen, wo ein 10 mal größerer bzw. 10 mal kleinerer Kondensator verwendet wurden, ist das Rauschen deutlich stärker, siehe Abbildung 5.

## 2.4 Digitalisierung mit Diskriminator

Mit einem Komparator wird das Ausgangssignal in ein Rechtecksignal umgewandelt.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Netzgerät, Widerstände, Kondensatoren, eine LED, ein 10-Gang Potentiometer, ein Op-Amp, der Fingerpulssensor und ein Oszilloskop verwendet.

### Versuchsaufbau

Mit der Schaltung in Abbildung 6 wird das Ausgangssignal in ein Rechtecksignal umgewandelt.

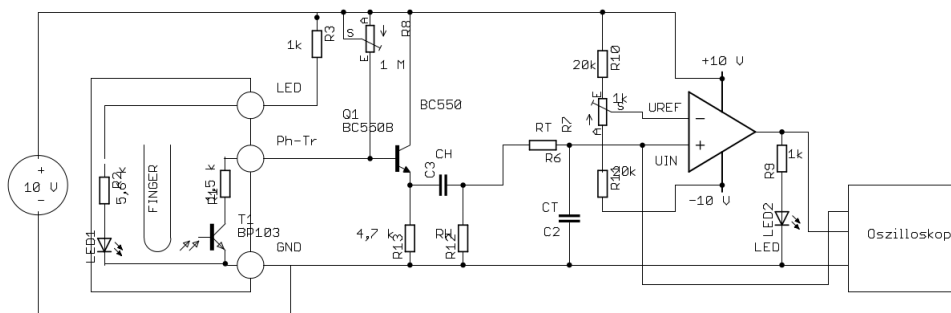


Abbildung 6: Schaltskizze für die Umwandlung des Ausgangssignals in ein Rechtecksignal<sup>3</sup>

### Versuchsdurchführung

Die Schaltung in Abb. 6 wird aufgebaut. Die Referenzspannung wird so eingestellt, dass ein klares Signal zu erkennen ist. Dann wird das Ein- und Ausgangssignal mit dem Oszilloskop aufgenommen.

### Auswertung

Die 20 k $\Omega$  Widerstände wurden eingebaut, damit der Regelungsbereich des Potentiometers feiner eingestellt werden kann. Ohne die Widerstände entspricht eine Umdrehung 2V, mit den Widerständen entspricht eine Umdrehung 0,488V, was in der Größenordnung der Pulsamplitude liegt. Die Signalamplitude beträgt ca. 40 mV. Die LED blinkte in einem regelmäßigem Takt und es war kein doppelblinken zu sehen. Die Aufnahme des Eingangs- und Ausgangssignals ist in Abbildung 7 zu sehen.

<sup>3</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12_14.pdf) am 20.12.2014

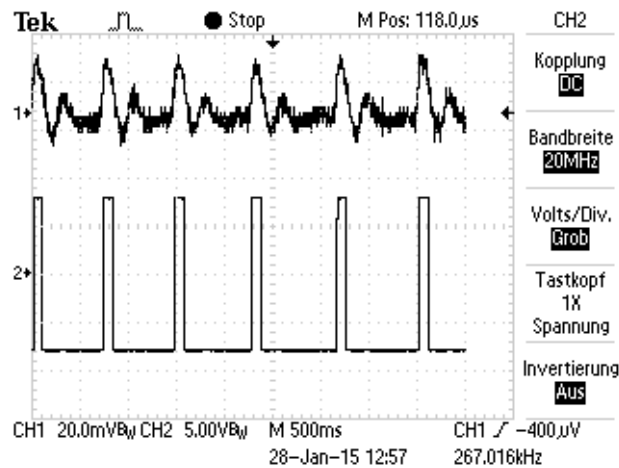


Abbildung 7: Aufnahme des Pulssignals

## Diskussion

Wie erwartet wurde der Pulsschlag in ein Digitalsignal umgewandelt. Dies ist deutlich in Abbildung 7 zu sehen. Beim Einstellen der Referenzspannung musste beachtet werden, dass nur der Hauptpeak und nicht der Nebenpeak aufgenommen wurde.

## 2.5 Automatische Einstellung der Referenzspannung

In diesem Versuchsteil wird die Referenzspannung automatisch eingestellt.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Netzgerät, Widerstände, Kondensatoren, eine LED, ein 10-Gang Potentiometer, ein Op-Amp, der Fingerpulssensor und ein Oszilloskop verwendet.

### Versuchsaufbau

Mit der Schaltung in Abbildung 8 wird die Referenzspannung automatisch eingestellt.

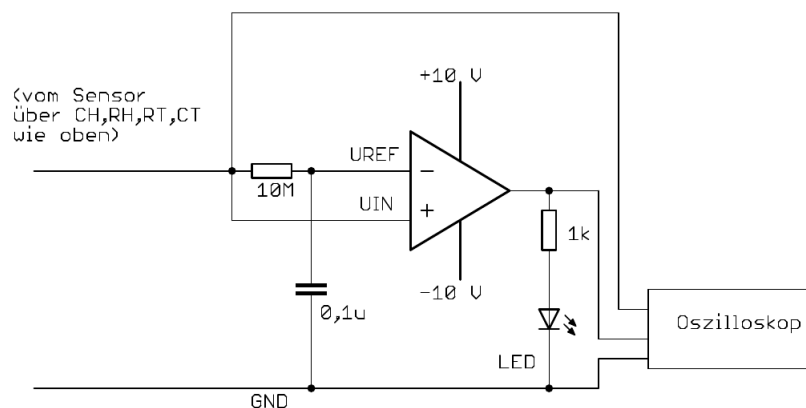


Abbildung 8: Schaltskizze für das automatische Einstellen der Referenzspannung<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12_14.pdf) am 20.12.2014



## Versuchsdurchführung

Die Schaltung in Abbildung 8 wird aufgebaut. Dann wird das Pulssignal mit dem Oszilloskop aufgenommen.

## Auswertung

In Abbildung 9 ist die Aufnahme des Pulssignals mit automatisch regulierter Referenzspannung zu sehen.

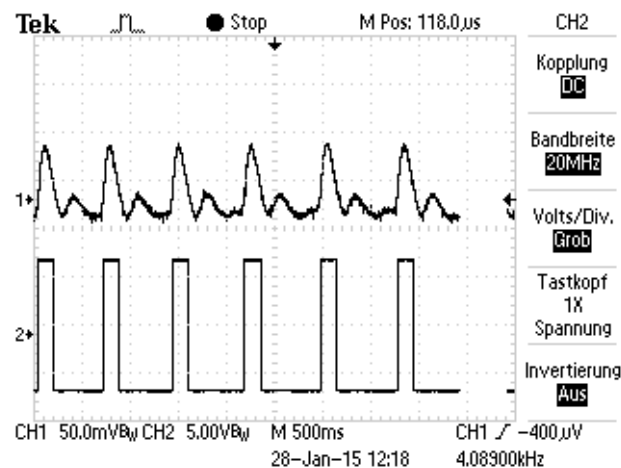


Abbildung 9: Aufnahme des Pulssignals

## Diskussion

Die Zeitkonstante des von  $10\text{ M}\Omega$  und  $0,1\text{ }\mu\text{F}$  wird mit  $\tau = RC$  bestimmt und hat einen Wert von  $1\text{ s}$ . Die Referenzspannung wird automatisch eingestellt, da UREF aus einem Tiefpassfilter über UIN entsteht und somit dem Mittelwert von UIN entspricht. An Abbildung 9 kann man sehen, dass das automatische Einstellen der Referenzspannung gut funktioniert.

## 2.6 Pulsschlag hörbar machen

In diesem Versuchsteil soll der Pulsschlag mit einem Lautsprecher ausgegeben werden.

### Verwendete Geräte

Es werden ein Netzgerät, Widerstände, Kondensatoren, eine LED, ein 10-Gang Potentiometer, ein Op-Amp, der Fingerpulssensor, ein Lautsprecher und ein Oszilloskop verwendet.

### Versuchsaufbau

Mit der Schaltung in Abbildung 10 wird das Pulssignal hörbar gemacht.

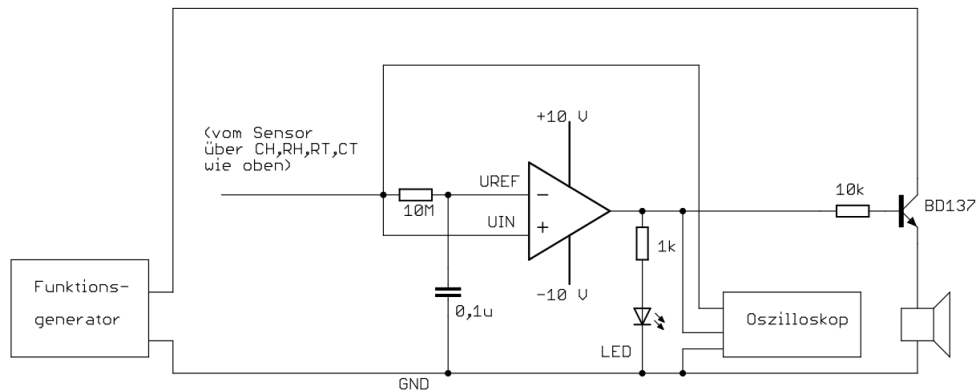


Abbildung 10: Schaltskizze für das automatische einstellen der Referenzspannung<sup>5</sup>

## Versuchsdurchführung

Die Schaltung in Abbildung 10 wird aufgebaut und die Hörbarkeit des Pulssignals überprüft.

## Auswertung

Das Tonsignal war gut zu hören. Der Verlauf des Ausgangssignals ist in Abbildung 11 zu sehen.

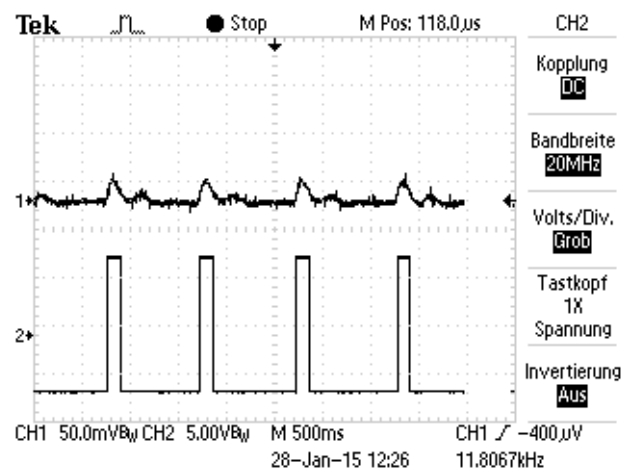


Abbildung 11: Aufnahme des Pulssignals

## Diskussion

Wie erwartet, war ein regelmäßiges Piepen zu hören.

## 3 Fazit

In dem Versuch wurde das Unterdrücken von Rauschen auf Messdaten und das Digitalisieren eines Pulssignals untersucht. Bei allen Versuchsteilen waren die erwarteten Ergebnisse zu beobachten.

<sup>5</sup>Abbildung entnommen von [http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12\\_14.pdf](http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep12_14.pdf) am 20.12.2014