

Versuchsnummer: 303

Der Lock-In-Verstärker

Richard Leven

richard.leven@tu-dortmund.de

Joell - D. Jones

joell-david.jones@tu-dortmund.de

Durchführung: 19.11.2019

Abgabe: 26.11.2019

TU Dortmund - Fachschaft Physik

1 Ziel

Die Intention in diesem Versuch ist es den Lock-In-Schalter kennenzulernen, da das Unterdrücken von Rauschsignalen im Alltag, doch vor allem in der Wissenschaft wichtig ist. In der Wissenschaft will man in der Praxis nämlich Ungenauigkeiten und Schmutzfaktoren so gut wie möglich beseitigen, sodass die Diskrepanzen der Messwerte in Schach gehalten werden können.

2 Theorie

Ein Lock-In-Verstärker liefert eine klare Gleichspannung bei einem Input von einem Signal mit Rauschen und einem Referenzsignal. Zuerst werden die zu hohen und zu niedrigen Frequenzen des rauschenden Nutzsignals mit einem Bandpassfilter eliminiert. Ein Referenzsignal mit gleicher Phase und Frequenz wird nun mit dem Nutzsignal vermischt, also miteinander mit der Frequenz ω_0 multipliziert. Das resultierende Signal wird mit einem Tiefpassfilter integriert und über mehrere Perioden gemittelt, sodass eine Gleichspannung erzeugt wird, die rauschfrei ist, da die synchronisierten Rauschteile des vermischten Signals herausgemittelt werden.

3 Versuchsdurchführung

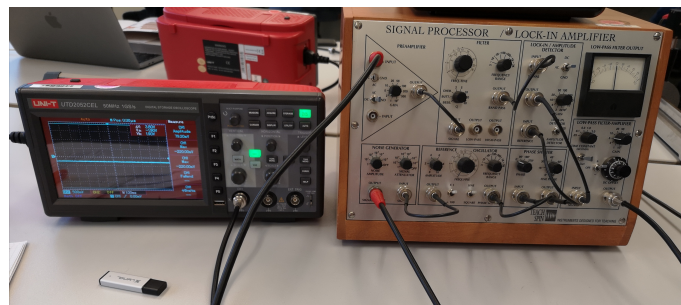


Abbildung 1: Der Versuchsaufbau

Um den Schaltkreis des Lock-In-Verstärkers zunächst einmal näher kennenzulernen, wurden die Outputs am Lock-In-Verstärker variiert, sodass einmal der Tiefpass überbrückt wurde und einmal nicht. Die Outputs wurden an das Oszilloskop angeschlossen und an den Bildschirm angepasst, um ein klares Bild zu bekommen. So konnten die konstanten und variablen Spannungs-Outputs ermittelt werden.

Ohne den Noise-Generator wurde nun ein sinusförmiges Eingangssignal mit einer Frequenz von 1000 Hz und einer Spannung von 0,01 V ausgegeben und mit einem weiteren Sinussignal identischer Frequenz vermischt. Daraufhin wurde der Tiefpass erneut überbrückt und fünf verschiedene Phaseneinstellungen eingestellt: 0° , 45° , 90° , 135° , 180° .

Dasselbe Prozedere folgt hinterher mit Noise-Generator; das Rauschen wurde auf 10^{-3} eingestellt, was der Größenordnung der Spannung des Signals entsprach.

Ganz zum Schluss wurde der Schaltkreis leicht modifiziert, sodass nun der Output vom Lock-In-Verstärker nicht mehr nach dem Tiefpass erfolgte, sondern bereits nach dem Lock-In. Gleichzeitig wurde auch ein Signal zum Tiefpass-Input gelegt, sodass der Versuchsaufbau nun wie die Schaltkreis-Skizze in der Abbildung 5 geschaltet war. Die LED wurde mit einer Frequenz von 300 Hz betrieben. Für eine genauere Messung wurde der Raum zusätzlich verdunkelt und teilweise wurde das Experiment mit Objekten wie Taschen und Jacken zugedeckt. Das Ziel des Ganzen war es ein maximaler Abstand r_{max} , in der die Photodiode das Licht einer LED noch messen kann nachzuweisen.

4 Auswertung

- Kennenlernen des Lock-In-Verstärkers

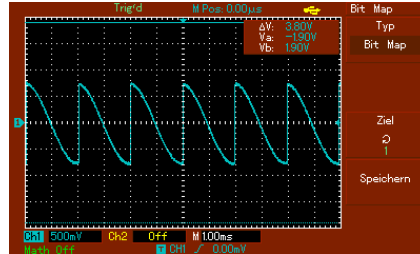


Abbildung 2: Die Sägezahnschwingung

In Abbildung ?? wurde der Output nach dem Lock-In abgegriffen und nicht nach dem Tiefpass. Eine Sägezahnschwingung ist das Resultat.

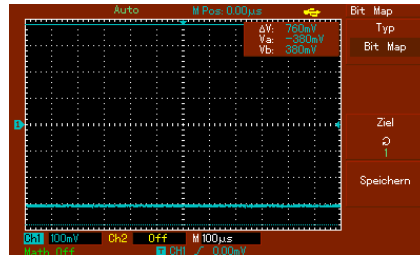


Abbildung 3: Die Gleichspannung

In Abbildung ?? wurde der Output nach dem Tiefpass abgegriffen. Eine Gleichspannung im negativen Bereich ist das Resultat. Sie entsteht, wenn die Sägezahnschwingung aus Abbildung ?? durch den Tiefpass verändert wird.

- Eingangssignal ohne Noise-Generator

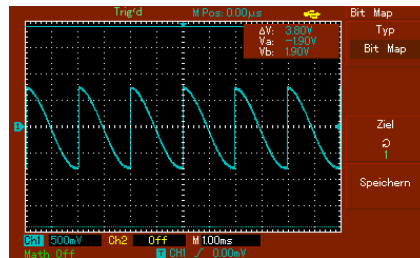


Abbildung 4: AC-Signal bei 0° Phase

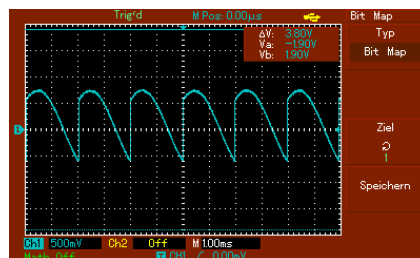


Abbildung 5: AC-Signal bei 45° Phase

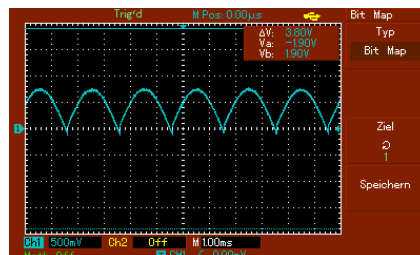


Abbildung 6: AC-Signal bei 90° Phase

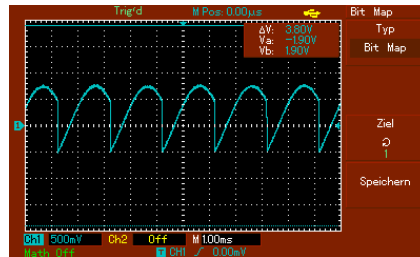


Abbildung 7: AC-Signal bei 135° Phase

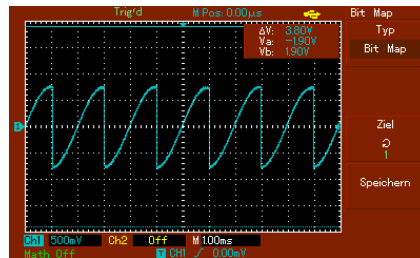


Abbildung 8: AC-Signal bei 180° Phase

Die Signale entsprechen der theoretischen Vorstellung, wenn U_{ref} um die jeweiligen Grade verschoben wird.

- Eingangssignal mit Noise-Generator

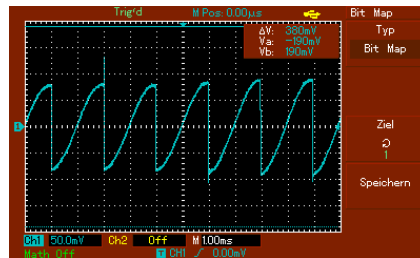


Abbildung 9: AC-Signal bei 0° Phase

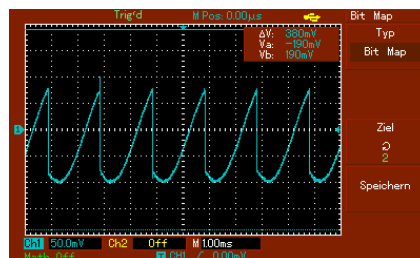


Abbildung 10: AC-Signal bei 45° Phase

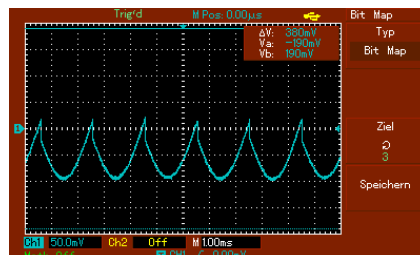


Abbildung 11: AC-Signal bei 90° Phase

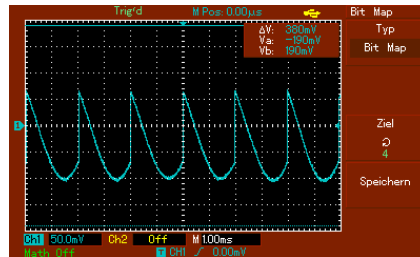


Abbildung 12: AC-Signal bei 135° Phase

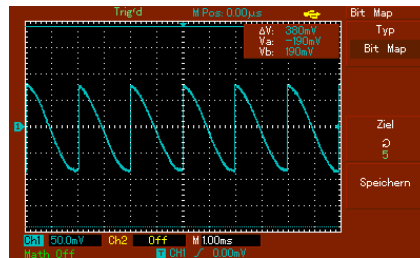


Abbildung 13: AC-Signal bei 180° Phase

- Experiment mit der Leuchtdiode

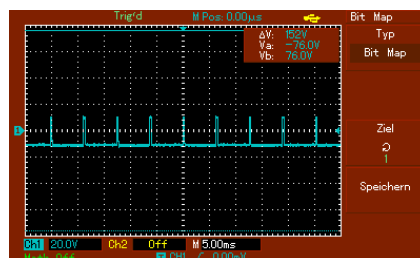


Abbildung 14: Signal bei 5cm

Die sich vergrößernden Abstände in den Signalen in Mikrosekunden zeigen die Abschwächung des Lichtsignals.

Der Graph ist eine Veranschaulichung der Messwerte und ihre Korrelation zu einem $1/r^2$ Abstand.

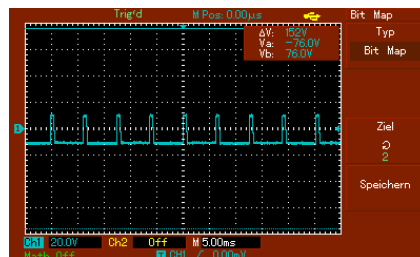


Abbildung 15: Signal bei 10cm

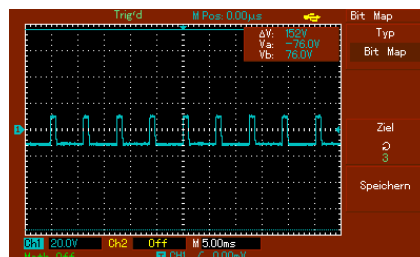


Abbildung 16: Signal bei 15cm

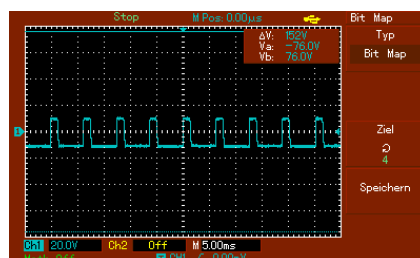


Abbildung 17: Signal bei 20cm

build/graph.pdf

Abbildung 18: Messwerte des LED-Abstands

5 Diskussion

Der Unterschied zwischen den Messungen im ersten Experiment resultiert aus der Tatsache, dass der Tiefpass die Eingangsspannung integriert und mittelt. Von daher entsteht ein Gleichstrom statt eine Schwingung. Die durch den Bandpass erzwungene Sägezahnkurve entsteht aus der Überlagerung von U_{ref} und U_{sig} . In den Bildern des zweiten und dritten Experiments scheint die Kurve sich zu spiegeln. Dies entspricht den Erwartungen, da der Phasenunterschied zwischen U_{ref} und U_{sig} sich um genau 180 Grad verschiebt und nach Gleichung (5) ändert sich auch das Vorzeichen von der Gesamtspannung. Im letzten Experiment wurden vier Messungen aufgenommen. Die Kurve weist eine r^2 -Abhängigkeit auf, weil der durch den Lock-In Verstärker hervorgerufenen Gap in Mikrosekunden als X-Achse gewählt wurde. Diese Gaps werden länger je größer die Distanz zwischen Sender und Empfänger ist. Die Intensität des Lichts weist eine $1/r^2$ -Abhängigkeit auf, wobei sie eben eine Antiproportionalität zu dem, also eine r^2 -Abhängigkeit aufweisen.