

Pulsmesser (Reflexionsverfahren)



Es soll die Funktionsweise eines Pulsmessers nach dem Reflexionsverfahren¹ (Infrarotlicht) anhand des Nachbaus verständlich werden.

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Optik Elektronik	IR-Strahlung Reflexion Photohalbleiter	● ●	■ ■	1 Woche ca. 30 min. ca. 5 min.

Materialien

- Infrarot-LED SFH 485 (ersatzweise: LD 271 oder LD 242)
- Phototransistor BP 103B (ersatzweise: TIL 78)
- Speicheroszilloskop (oder Datenlogger)
- Widerstand 4,7 k Ω
- Spannungsverstärker
- Holzstück (ca. 8 cm x 2 cm x 2 cm)
- Batterieleiste 4,5 V
- Kondensator 1 μ F
- Widerstand 220 Ω

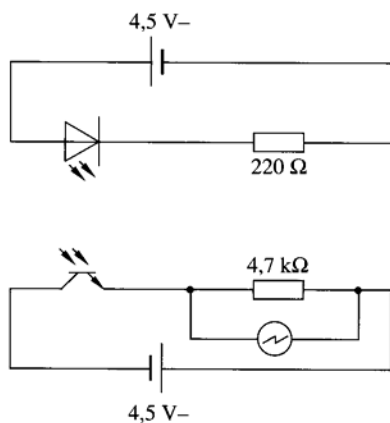


Abb. 1: Schaltskizze des Aufbaus

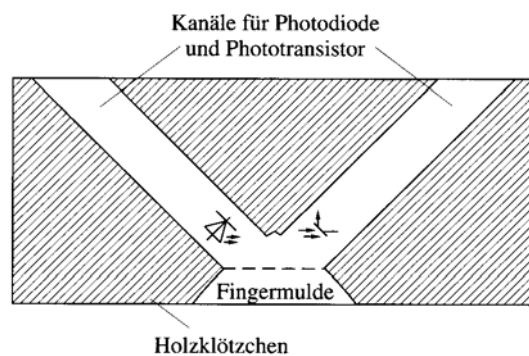


Abb. 2: Modell im Querschnitt

¹ Analog dem Pulsmesser der Firma Dynavit, Liebigstraße 13, D-67661 Kaiserslautern. Die Firma Dynavit hat uns freundlicherweise ein derartiges Gerät zu Testzwecken ausgeliehen.

Vorbereitung

Zunächst wird das Gehäuse des Pulsmessers aus einem Holzstück erstellt. Das Holzstück sollte so groß sein, dass eine IR-Diode und ein Phototransistor darin untergebracht werden können. Holzabfälle, die dazu benötigt werden, sind in jeder Schreinerei erhältlich. Um eine feste Position des Fingers während der Pulsmessung zu ermöglichen, wird dort, wo später der Finger liegen soll, eine Mulde in das Holz gesägt (siehe Abb. 2). Die Fingermulde kann mit einer Laubsäge oder einer Stichsäge erstellt werden. An die IR-Diode und an den Phototransistor werden Kabel gelötet, die am anderen Ende mit Bananensteckern versehen werden, damit die Schaltung besser auf einem Steckbrett aufgebaut werden kann. Um die elektronischen Bauteile in das Holzstück einzufügen, werden zwei Löcher (hier für die IR-Diode $d = 6$ mm und für den Phototransistor $d = 4$ mm) in einem Winkel von etwa 45° gebohrt, in die dann die mit Klebeband umwickelten Bauteile hineingesteckt und mit Kleber fixiert werden. Wichtig ist hierbei, dass die Löcher mittig in der erstellten Fingermulde sind und sich in einem Abstand von ungefähr 3 mm befinden, damit die Strahlung möglichst gut im Finger reflektiert wird. Nun können die Bauteile wie in Abb. 1 geschaltet werden und der selbstgebaute Pulsmesser (siehe Abb. 3 unten) ist einsatzbereit. Um später ein besseres Signal am Oszilloskop zu erhalten, können noch ein Verstärker und zur Filterung ein Kondensator ($100 \mu\text{F}$), der parallel zum Widerstand geschaltet wird, verwendet werden.

Durchführung / Ergebnis

Es wird ein Finger in die Fingermulde des Pulsmessers gelegt. Die Spannung, die mit dem Oszilloskop gemessen wird, steigt zunächst stark an. Nun wird der Punkt auf dem Oszilloskop so eingestellt, dass er etwa in der Mitte des Schirms ist. Durch den Puls und der damit unterschiedlichen Reflexion der Strahlung treten periodische Schwankungen der Spannung auf, die bei genügend empfindlicher Einstellung am Oszilloskop beobachtet werden können. Mit Hilfe des Verstärkers und der Amplitudeneinstellung am Oszilloskop lässt sich ein deutliches Bild auf dem Schirm erzeugen. Es sind einzelne Spannungsspitzen (Peaks) zu sehen, die periodisch korreliert mit dem Pulsschlag auftreten (siehe Abb. 4). Um zu prüfen, ob die Peaks zur Zeit des Pulsschlags auftreten, kann der Puls gleichzeitig mit der Hand gefühlt werden.

Versuchserklärung / Auswertung

Bei der Systole befindet sich vermehrt Blut in den Adern, wodurch die Strahlung der IR-Diode (Wellenlänge ca. 950 nm) verstärkt reflektiert wird und am Widerstand, der in Reihe zum Phototransistor geschaltet ist, eine erhöhte Spannung gemessen wird. Zum Zeitpunkt der Diastole befindet sich weniger Blut in den Adern und es wird eine entsprechend geringere Spannung gemessen. In Abb. 4 ist der zeitliche Verlauf der Spannung von mehreren Pulsschlägen gezeigt.

Indem der mittlere Abstand der Maxima bestimmt wird, kann die Pulsfrequenz errechnet werden (hier etwa 64 Pulsschläge/Minute).

Bei der Messung ist allerdings zu beachten, dass der Puls des Menschen nicht konstant ist, sondern von der Aktivität des Körpers abhängt.



Abb. 3:
Pulsmesser der Firma Dynavit (oben)
und Modell (unten); jeweils mit
Phototransistor (links) und
Infrarotdiode (rechts)

Tip

Falls kein Signal auf dem Oszilloskop bei der Messung am Finger auftaucht, kann dies daran liegen, dass der Finger zu fest gegen das Holz gedrückt wird. Um ein möglichst starkes Signal zu erhalten, sollte sich der Finger, an dem der Puls gemessen wird, unterhalb des Herzens befinden, da er dann etwas stärker durchblutet wird (höherer Druck).

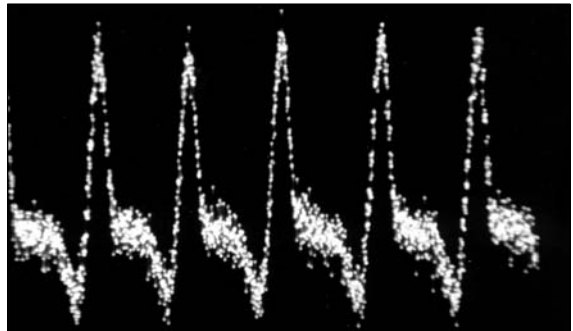


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Spannung am Widerstand

Variation

Es kann auch ein normales Oszilloskop benutzt werden, wobei bei diesem allerdings die Ausschläge des auf dem Bildschirm befindlichen Punktes pro Zeit gezählt werden oder photographisch aufgenommen werden müssen. Andererseits kann auch ein Datenlogger-System mit der Funktionalität eines Speicheroszilloskop eingesetzt werden.

Durch Messen des Pulses während Belastungsphasen, Ruhepausen oder Störungen kann dieses Experiment weiter variiert werden und mehr biologischen Fragestellungen nachgegangen werden.

Diese Versuchsanleitung ist ein Auszug aus dem Buch:
StR B. Eckert, StD W. Stetzenbach, Prof. Dr. H.-J. Jodl:
Low Cost – High Tech Freihandversuche Physik
ISBN 3-7614-2278-4
Erschienen im Aulis Verlag Deubner GmbH & Co. KG Köln
Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung des Verlages