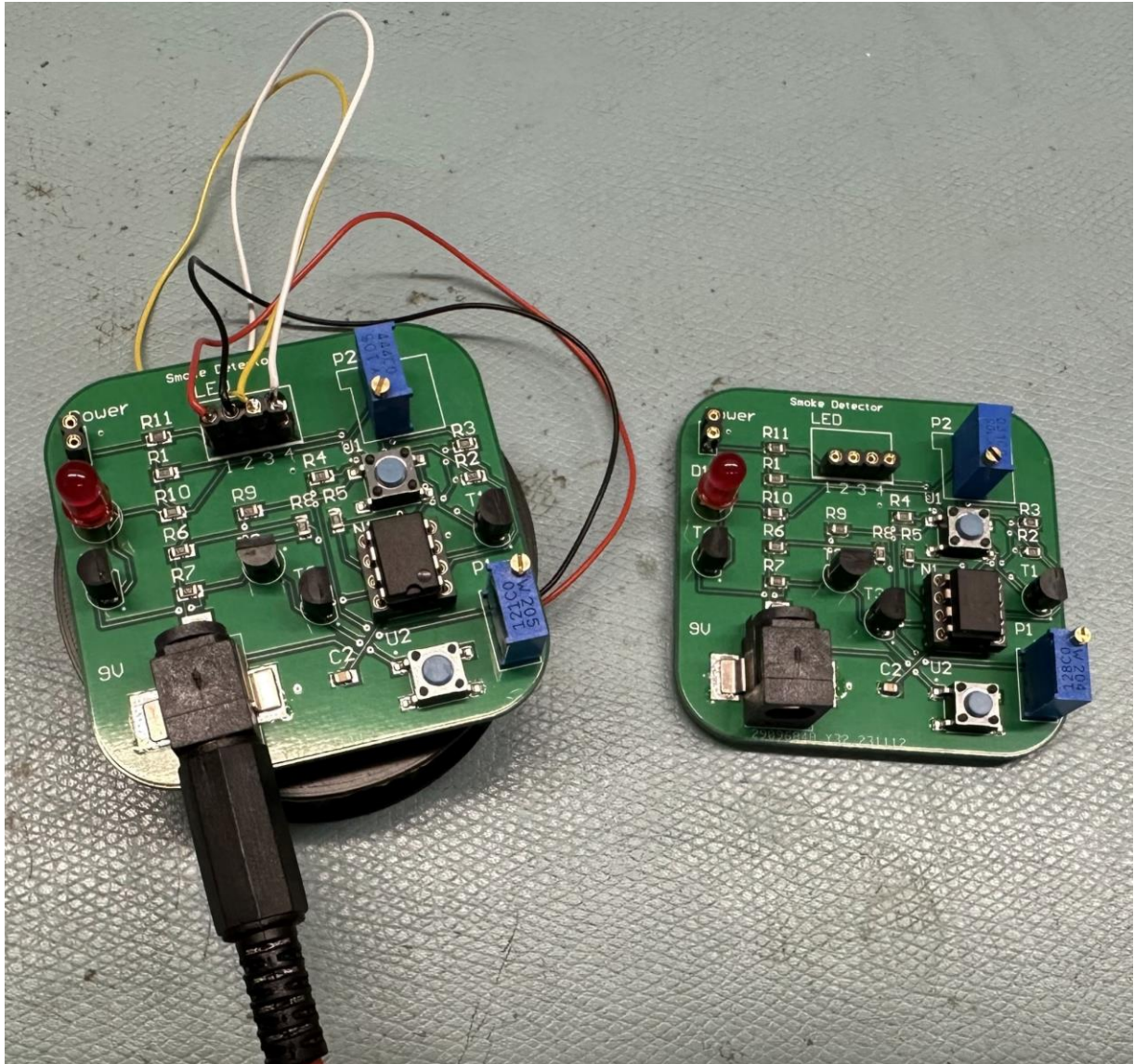


ELO2 – Elektronik 2 – HS23

Mini-Projekt Rauchmelder



Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Horw, 2. Dezember 2023

Gruppe 9

Raul Tripon

Elektrotechnik

raul.tripon@stud.hslu.ch

Merlin Blickisdorf

Elektrotechnik

merlin.blickisdorf@stud.hslu.ch

ELO2 Mini-Projekt

Optischer Rauchmelder

Dozierender:

Dr. Giseler Wichmann

Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Horw, 2. Dezember 2023

Inhaltsverzeichnis

Abstract	2
1 Aufgabenstellung	3
2 Theorie	3
3 Rauchmelder.....	4
3.1 Gehäuse	4
3.2 Schaltungsdesign.....	5
3.3 PCB-Design.....	7
3.4 Resultat.....	9
3.5 Diskussion	10
4 Entsorgung	11
5 Fazit.....	11
6 Verzeichnisse	12
6.1 Literatur- und Quellenverzeichnis.....	12
6.2 Abbildungsverzeichnis	12

Abstract

Im Rahmen des Moduls «ELO2 – Elektronik 2» der Hochschule Luzern Technik und Architektur, welches das Nachfolgemodul zu «ELO1 – Elektronik 1» ist, wird die Aufgabe gestellt, eine Schaltung zu entwerfen. Dabei können die Studierenden frei wählen, was für eine Schaltung mit welcher Funktion sie entwerfen möchten. Das Projekt sollte jedoch eine gewisse Herausforderung darstellen, damit auch der gesuchte Lerneffekt gegeben ist.

Das Modul behandelt die Themen der bipolaren und unipolaren Transistoren, Operationsverstärker, Oszillatoren, AD- & DA-Wandler, aktive Filter, elektronisches Rauschen und wie PCBs im Altium designt werden. Dabei wird Wert darauf gelegt, dass die Studierenden sowohl die Theorie vermittelt bekommen als auch einen Hands-On-Ansatz im Labor erhalten. Das Modul ist Pflicht und muss von jedem Elektrotechnik-Studierenden der HSLU besucht werden.

Das Team dieser vorliegenden Arbeit bestehend aus Raul Tripon und Merlin Blickisdorf, hat sich die Aufgabe gestellt, einen Rauchmelder zu realisieren. Die folgende Arbeit beinhaltet die Aufgabenstellung, wie das Team an die Arbeit herangegangen ist und dessen Resultate und Schlussfolgerungen. Nebst dieser Dokumentation wird auch noch ein kurzes Video erstellt, welches die Funktion und Bedienung des Rauchmelders erklären soll.

1 Aufgabenstellung

Die diesjährige Aufgabenstellung im Modul «ELO2 – Elektronik 2» besteht darin, eine Schaltung zu entwerfen, mit einer Funktion, welche selbst gewählt werden darf. Die Arbeit wird dabei durch zweier-Teams erarbeitet, welche zu Beginn des Semesters gewählt wurden. Das Team der vorliegenden Arbeit hat sich entschieden, einen optischen Rauchmelder zu entwickeln. Dabei soll ein Gehäuse für die Rauchererkennung designt und eine Schaltung für die Auswertung der Sensordaten entwickelt werden. Die Auswertung soll entweder visuell oder akustisch zu erkennen sein.

Da es in diesem Modul einen Kurs gibt, indem man lernt, wie PCBs mit dem Programm Altium designt und konzipiert werden, muss die entwickelte Schaltung mit einem PCB realisiert werden. Für die Arbeit ist ein Zeitfenster von etwa zehn Wochen vorgegeben, wobei das Design des PCBs bereits nach sieben Wochen abgegeben werden muss, da dies bei PCBWay in China bestellt wird.

2 Theorie

Rauchmelder werden in der Wirtschaft in zwei verschiedene Varianten eingeteilt. In nicht automatische und automatische Brandmelder. Die nicht automatischen Brandmelder sind die Taster mit einer Glasscheibe vor zu, welche in öffentlichen Gebäuden zumeist in Treppenhäusern oder Gängen an den Wänden aufzufinden sind. Die automatische Brandmelder hingegen sind praktisch immer in den einzelnen Räumen an den Decken angeordnet. Sie werden in die vier Arten Ionisationsrauchmelder, optische Rauchmelder, Wärmemelder und Flammenmelder aufgeteilt.¹ Dabei ist zusätzlich zum Rauchmelder im Raum, über der Eingangstüre des Raumes, ein sogenannter Indikator platziert, welcher aufleuchtet, sobald der Rauchmelder im Raum Alarm gibt. Ionisationsrauchmelder funktionieren, wer hätte es gedacht, nach dem Prinzip der Ionisation. Dabei wird die Eigenschaft genutzt, dass radioaktive Strahlen die Luft ionisieren können, das heisst, dass diese die Luft elektrisch leitend machen. Gelangt nun Rauch in die Ionisationskammer, so schließen sich ein Teil der Ionen der viel schwereren Verbrennungsteilchen an. Die so schwerer werdenden Ionen bewegen sich dann nicht mehr. Es findet eine Stromänderung statt. Der geringere Strom wird beim Überschreiten eines Schwellwertes als Alarm ausgewertet.² Der optische Melder, welcher auch in diesem Projekt realisiert hat, beruht darauf, dass in der Rauchkammer ausschliesslich Rauch eindringen kann und kein Licht. Sobald nun Rauch in die Kammer eindringt, reflektiert das Licht einer IR-LED an dem Rauch ab und scheint in eine Photodiode, welche etwas versetzt angeordnet ist.³ Brandmelder werden generell in öffentlichen Gebäuden zum Schutze eingesetzt. Ihre Aufgabe besteht darin, einen Brand möglichst schnell zu erkennen und daraufhin die zuständige Feuerwehr zu benachrichtigen.

¹ (Baunetz_Wissen_, 2023)

² (ueba.elkonet.de, 1998)

³ (rauchmeldertest.net, 2023)

3 Rauchmelder

Im folgenden Kapitel werden die Überlegungen, Versuche und deren Resultate und Interpretationen dieses Projektes behandelt.

3.1 Gehäuse

Da das Umgebungslicht die Messung eines optischen Rauchmelder verfälscht bzw. praktisch unmöglich macht, werden diese normalerweise in einem Gehäuse realisiert, wobei kein Licht eindringen darf. Deswegen musste genau solch ein Gehäuse für dieses Projekt gebaut werden. Die Anforderungen sind zweierlei. Einerseits darf kein Umgebungslicht in das Gehäuse eindringen, andererseits muss der Rauch ungehindert durch die Lichtbarriere hindurchgehen. Um dies zu erreichen, wurde ein rundes Gehäuse konzipiert, welches gezackte Flügel hat, die im Kreis nacheinander angeordnet sind. In der Abb. 1 ist die erste Version von solch einem Gehäuse zu erkennen. Leider sind die gezackten Flügel in dieser Version zu weit auseinander. Dies stellte sich beim Testen des Gehäuses heraus. Dabei wurde eine Taschenlampe seitlich angebracht, wobei man sah, dass das Licht hindurchgeschienen ist.

Folglich wurde eine zweite Variante im CAD konzipiert, siehe Abb. 2 und Abb. 3. In dieser Variante wurde die Anzahl Flügel stark reduziert, jedoch die Dicke vergrössert und die Flügel weiter ineinandergeschoben.

Derselbe Test wurde auch bei dieser Version durchgeführt, wobei das Licht diesmal nicht mehr hindurch kam. Zusätzlich wurde nun noch getestet, ob auch der Rauch hindurchgeht. Dabei wurde ein Räucherstäbchen eingesetzt und das Gehäuse darüber gehalten. Es konnte festgestellt werden, dass der Rauch leicht hindurch ging. Obwohl der Rauch nur leicht hindurchgeht, sollte dies ausreichen, denn die Messung kann sehr sensitiv eingestellt werden. Zudem gibt es keinerlei Verfälschungen der Messungen aus dem beleuchteten Umfeld, der Grund dafür ist wie bereits erwähnt das Gehäuse. In der Abb. 3 sind zudem der eingebaute Sensor und die LED zu erkennen. Die Infrarot-LED hat dabei die rot-schwarzen Kabel und die Photodiode die weiss-gelben Kabel. Beide Gehäuse wurden mit einem 3D-Drucker gedruckt, wobei sich die Druckzeit bei beiden auf etwa drei Stunden belaufen hat.



Abb. 1: Gehäuse Version 1

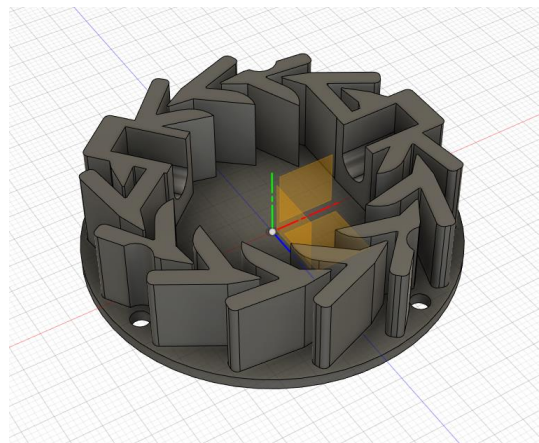


Abb. 2: CAD-Zeichnung Gehäuse Version 2

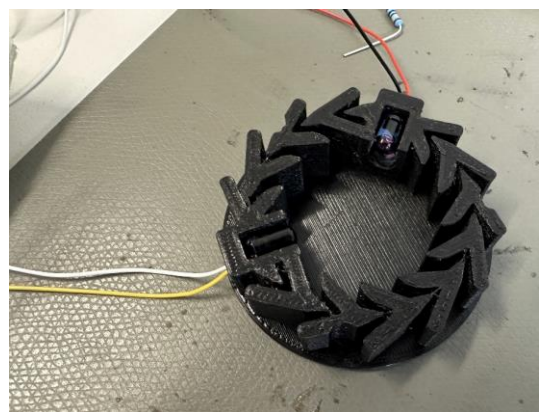


Abb. 3: Gehäuse Version 2 inkl. LED und Photodiode

3.2 Schaltungsdesign

Um eine adäquate Schaltung für den optischen Rauchmelder zu designen, wurde zunächst intensiv recherchiert. Dabei konnten mehrere Ansätze für die Verstärkung gefunden werden. Schlussendlich wurde entschieden, die Verstärkung mittels Operationsverstärkern zu realisieren. In der Abb. 4 ist das erstellte Schema als Simulation im Tina zu erkennen.

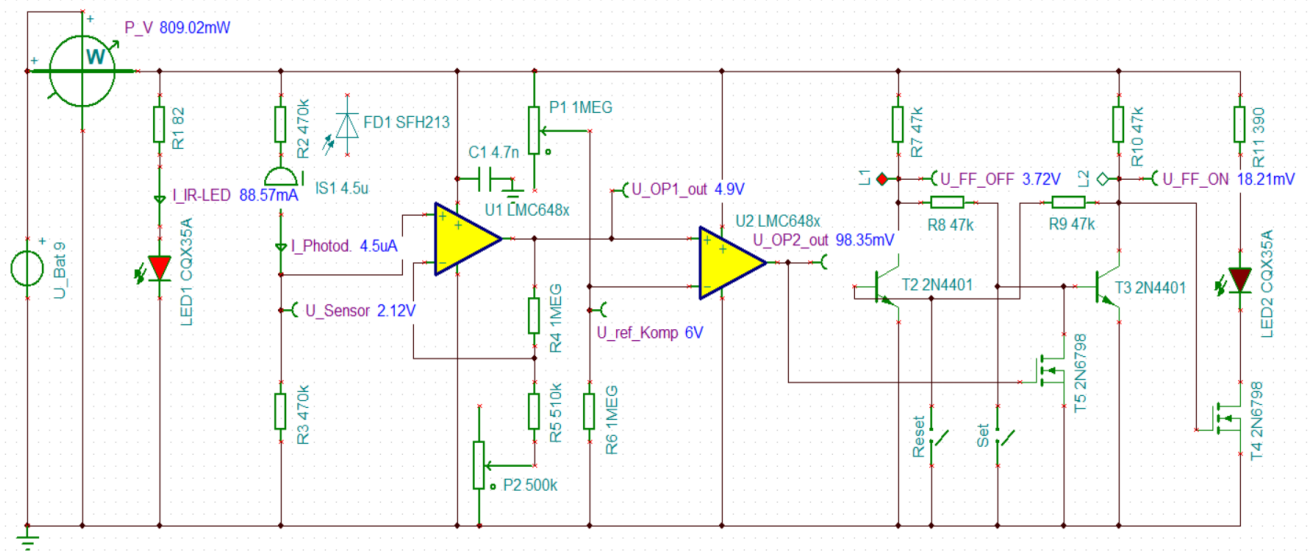


Abb. 4: Simulierte Schaltung in TINA

Die technischen Daten der IR-LED und der Photodiode können der folgenden Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Technische Daten IR-LED und Photodiode

Infrarot LED	
Continuous Forward Current	100 mA
Forward Voltage	1.1...2.2 V
Reverse Voltage	5 V
Wavelength	845...850 nm

Photodiode SFH213	
Photocurrent at $E_v = 1000 \text{ lx}$	$135 \mu\text{A}$
Dark current	$1...5 \mu\text{A}$
Reverse voltage	20 V
Wavelength sensitivity	850...900 nm

LED1 ist die Infrarot-LED, welche im Rauchmelder Gehäuse platziert ist. Gemäss Datenblatt benötigt die LED einen Strom von $I_{IR} = 100 \text{ mA}$. Der Vorwiderstand R1 wurde wie folgt ermittelt:

$$R1 = \frac{U_{Bat} - U_{IR}}{I_{IR}} = \frac{9 \text{ V} - 2.2 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 68 \Omega \rightarrow 82 \Omega$$

$$I_{IR} = \frac{U_{Bat} - U_{IR}}{R1} = \frac{9 \text{ V} - 2.2 \text{ V}}{82 \Omega} \approx 82.93 \text{ mA}$$

Die Photodiode wurde im Schema als Stromquelle simuliert. Durch den Widerstand R3 wird eine Spannung erzeugt, welche mit dem ersten OP verstärkt wird. Der erste OP ist als nicht

invertierender Verstärker geschaltet, welcher ein Potentiometer besitzt, um die Verstärkung variabel einstellen zu können. Er besitzt eine variable Verstärkung von:

$$A_{OP1} = 1 + \frac{R4}{R5 + P2} = 1 + \frac{1 \text{ M}\Omega}{510 \text{ k}\Omega + (0 \dots 500) \text{ k}\Omega} \approx 1.99 \dots 2.96$$

Ursprünglich war die Verstärkung viel grösser (20 bis 30 Fach), da die Photodiode jedoch mehr Strom im Dunkeln erzeugt als erwartet, wurde die Verstärkung gegen unten korrigiert.

Der zweite OP ist ein Komparator, wobei die Referenzspannung wiederum mit einem Potentiometer eingestellt werden kann, ab wann die verstärkte Spannung der Photodiode einen Rauchalarm erzeugen soll. Die Referenzspannung kann wie folgt eingestellt werden:

$$U_{RefKomp} = U_{Bat} * \frac{R6}{R6 + P1} = 9 \text{ V} * \frac{1 \text{ M}\Omega}{1 \text{ M}\Omega + (0 \dots 1) \text{ M}\Omega} \approx 4.5 \dots 9 \text{ V}$$

Nach dem zweiten OP ist ein einfaches Flipflop mit bipolaren Transistoren realisiert. Durch den MOSFET T5 wird das Flipflop eingeschaltet. Zusätzlich gibt es jeweils noch Taster, um das Flipflop quittieren oder selbst einschalten zu können. Falls nun T5 wegen des Komparatorschaltet, wird der Transistor T2 leitend und der Transistor T3 sperrt. Folglich liegt über T3 ein Potential an, welches dazu führt, dass der MOSFET T4 leitend wird. Danach beginnt die LED2 zu leuchten. Die LED2 ist eine einfache rote Leuchtdiode mit einem Stromverbrauch von etwa $I_{LED2} = 20 \text{ mA}$. Der Vorwiderstand wurde dann wie folgt berechnet:

$$R11 = \frac{U_{Bat} - U_{LED2} - U_{DST4}}{I_{LED2}} = \frac{9 \text{ V} - 2 \text{ V} - 0.2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 340 \Omega \rightarrow 390 \Omega$$

Zuerst war die Idee, die Alarmierung akustisch zu realisieren. Da bei einem Buzzer jedoch eine Frequenz gefordert ist, wurde entschieden darauf zu verzichten, da dies die Schaltung noch komplexer gemacht hätte. Bei einem Buzzer wäre ein Oszillator notwendig, welcher man zum Beispiel mit einem 555 Timer IC hätte realisieren können.

Für den Operationsverstärker wurde auf einen dualen OP mit der Bezeichnung LMC6482 zurückgegriffen, welcher in der Elektrotechnik Werkstatt ist.

Nach der erfolgreichen Simulation wurde die Schaltung gesteckt, um dessen Funktion zu überprüfen. Dabei wurde auf ein Schaumstoffboard zurückgegriffen, siehe Abb. 5, auf welchem das Schema aufgeklebt wurde, damit man die Komponenten darauf platzieren konnte. Anschliessend wurde die Schaltung gesteckt.

In der Abb. 6 ist die gesteckte Schaltung zu erkennen. Dabei ist zu sehen, dass für jede Teilfunktion der Schaltung ein eigenes Steckbrett verwendet

wurde. Der Grund dafür ist, dass auf diese Weise Schritt für Schritt vorgegangen werden konnte. Dadurch konnte man die Funktion der einzelnen Komponenten testen und die ganze Schaltung erst zusammenschliessen, wenn man wusste, dass die einzelnen Teilfunktionen funktionieren. Dadurch lassen sich allfällige Fehlerquellen optimal eingrenzen.

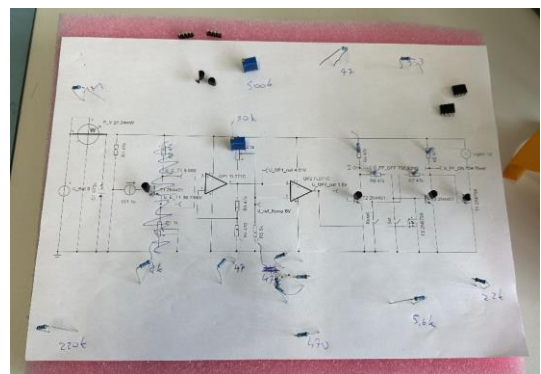


Abb. 5: Schaumstoffboard mit aufgesteckter Schaltung

Als Erstes wurde das **grüne** Steckbrett gesteckt, welches die Anschlüsse für den Rauchmelder (in **gelb**) enthält. Dieser Teil enthält die Stromversorgung der IR-LED und die Rückspeisung der Photodiode. Als Zweites wurde das **Violette** gesteckt. Dies enthält den Operationsverstärker mit der eigentlichen Verstärkung und den Komparator für das Aktivieren des Flipflops. Als Letztes wurde das **rote** Steckbrett erstellt, welches das Flipflop mit zwei LEDs enthält.

Da die soeben erwähnte Methode eingesetzt wurde, um die Schaltung zu stecken, konnten Fehler fortlaufend ausgemerzt werden. Daher hat die Schaltung beim zusammenschliessen sehr zuverlässig funktioniert.

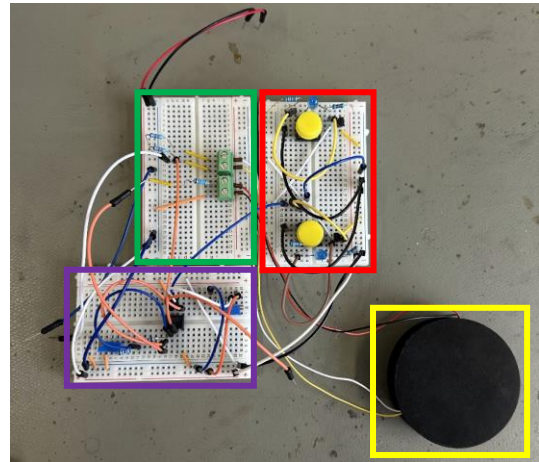


Abb. 6: Gesteckte Schaltung

3.3 PCB-Design

Nachdem die Schaltung erfolgreich gesteckt und getestet wurde, fing man an daraus ein sogenanntes «Printed Circuit Board», kurz PCB, zu designen. Mit dem Programm Altium konnte man das Schema in ein PCB umwandeln, siehe Abb. 7.

Zuerst musste das bereits in Tina realisierte Schema, auch im Altium gezeichnet werden. Dabei war es wichtig, darauf zu achten, die richtigen Layouts für die verwendeten Komponenten zu wählen. Die Gruppe hat sich entschieden, eine Kombination aus SMD und THC-Bauteilen zu verwenden. Als das Schema und die Layouts für alle Bauteile korrekt gezeichnet wurden, konnten anschliessend alle Bauteile auf einem möglichst kompakten PCB angeordnet und platziert werden. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Verbindungen zwischen den Bauteilen nicht unnötig lang und möglichst direkt sind. Ebenfalls muss beim Setzen der Traces darauf geachtet werden, dass keine spitzen Winkel entstehen und die Traces nicht zu nahe am Rand des PCBs platziert werden.

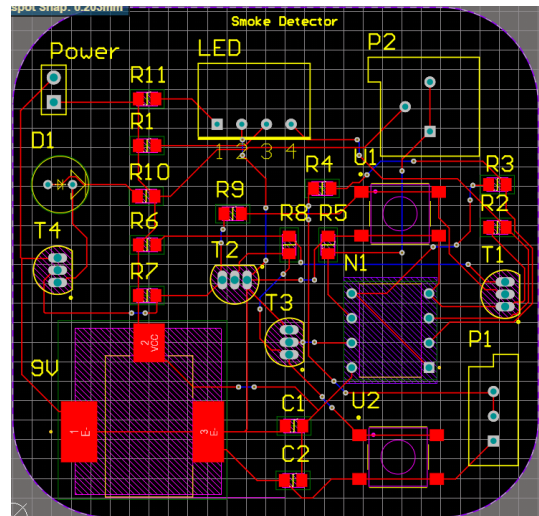


Abb. 7: Altium Design PCB

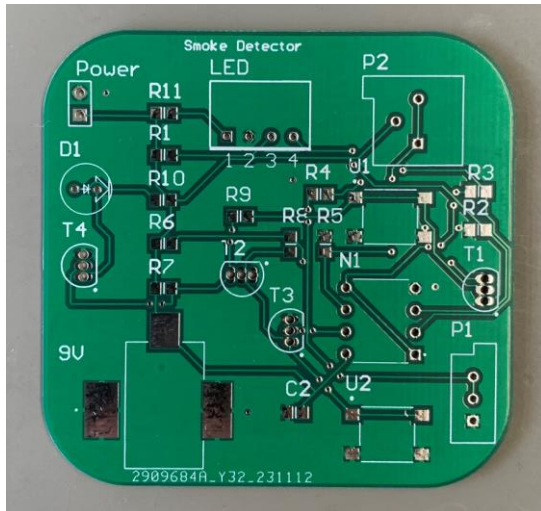


Abb. 8: Unbestücktes PCB vorne

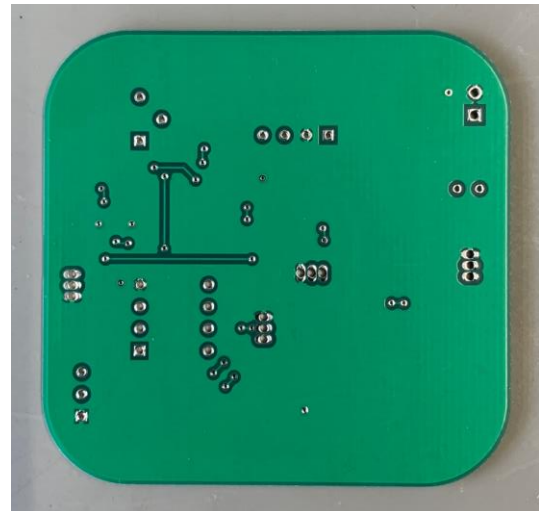


Abb. 9: Unbestücktes PCB hinten

Beim fertigen PCB, welches nicht bestückt ist, sind die Traces zwischen den Komponenten gut sichtbar, siehe Abb. 8 und Abb. 9. Hier ist auch einwandfrei zu erkennen, welche Bauteile SMD und welche THC sind. Auch wenn es bei SMD aufwändiger ist ein Bauteil auszuwechseln, hat man sich entschieden alle Widerstände und den Stützkondensator, sowie auch die Taster und die Stromversorgung in dieser Art zu designen.

Auf der Rückseite des PCBs sind nur die THC-Bauteile und die Traces, welche mit Hilfe von Vias von der Frontseite auf die Rückseite verlegt wurden.

Das fertig bestückte PCB, welches in Abb. 10 zu sehen ist, wurde in der Werkstatt mit den entsprechenden Bauteilen bestückt. Für die THC-Bauteile wurde eine einfache Lötstation aus der Werkstatt verwendet. Das Löten der SMD-Bauteile war etwas aufwändiger, dazu ist Lötpaste von Hand an den entsprechenden Lötstellen aufgetragen worden. Anschliessend wurden die richtigen Komponenten an der richtigen Stelle platziert. Nachdem das PCB mit allen SMD-Bauteilen durch den Lötöfen durchgelassen wurde, hat man angefangen die THC-Bauteile traditionell zu löten.

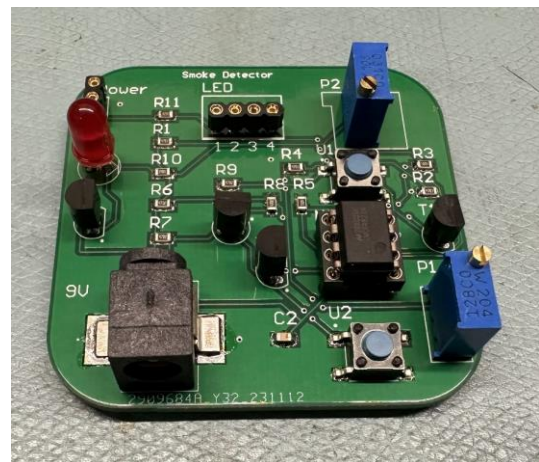


Abb. 10: Bestücktes PCB

3.4 Resultat

Beim Testen des PCB wurde zunächst die Photodiode falsch angeschlossen, was erst nach einiger Zeit aufgefallen ist. Zur Kontrolle ebendieses Fehler wurde die IR-LED im Gehäuse des Rauchmelders abgedeckt, um zu sehen, ob die verstärkte Spannung der Photodiode abfällt. Leider geschah dies auch ein wenig, obwohl die Photodiode verkehrt und somit in Durchlassrichtung angeordnet war. Es wurde erwartet, dass falls die Photodiode umgekehrt, angeschlossen wäre, beim Verdecken nichts passieren sollte. Demzufolge wurde anschliessend nach anderen Fehlern gesucht. Da solche jedoch nicht gefunden werden

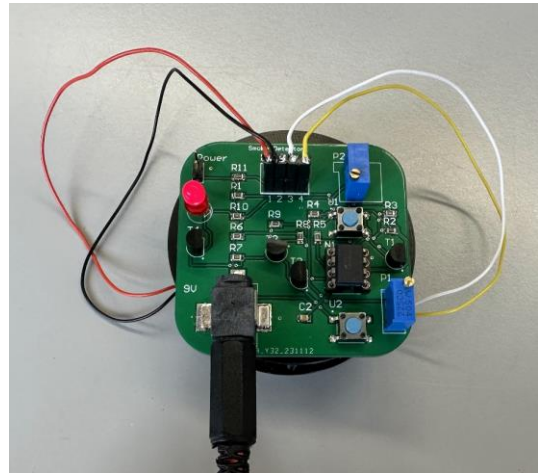


Abb. 11: Finaler Rauchmelder

konnten, wurden die Kabel der Photodiode doch gedreht, um diese Fehlerquelle ausschliessen zu können. Anschliessend hat sich herausgestellt, dass dies das Problem war. Weiter wurde zudem festgestellt, dass die Potentiometer auf dem PCB anders beschriftet sind als auf dem im Tina simulierten Schema, was zu weiteren Verwirrungen geführt hat.

Schlussendlich, nach dem Umkehren der Photodiode und dem richtigen Einsetzen der Potentiometer, konnte die Schaltung optimal kalibriert werden. Ohne Rauch wurde die Verstärkung des ersten OP so eingestellt, dass im Ausgang eine Spannung von 7 V anliegt. Die Referenzspannung des Komparators, also der negative Eingang des zweiten OP, wurde auf 7.15 V eingestellt. Somit reicht eine Spannungsänderung von 0.15 V aus, um den Komparator zu triggern, was das Flipflop aktiviert und folglich die Warn-LED zum Leuchten bringt. Die Warn-LED ist in der Abb. 11 oben links zu, im leuchtenden Zustand, erkennen.

Anschliessend wurde der Rauchmelder wiederum mit Räucherstäbchen getestet. Der Test fiel positiv aus und die Schaltung konnte den Rauch äusserst sensitiv erkennen. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass eine minimale Spannungsänderung von 0.15 V bereits ausreicht, um den Komparator zu triggern. Leider bleibt für eine kurze Zeit ein wenig Rauch im Gehäuse liegen, was dazu führt, dass nach dem Umschalten der LED das Flipflop nicht direkt quittiert werden kann. Um dies zu beheben, kann man nach dem Einsatz des Rauches kurz durch das Gehäuse durchblasen, um den Rauch zu entfernen. Anschliessend funktioniert die Quittierung problemlos.

Im Normalbetrieb hat der Rauchmelder einen Stromverbrauch von 88 mA. Wenn die Warn-LED leuchtet, erhöht sich der Verbrauch auf 105 mA. Eine normale 9 V Batterie besitzt eine Kapazität zwischen 500 und 600 mAh. Gemäss folgender Formel kann die maximale Laufzeit berechnet werden, dabei werden jegliche Entladeverluste der Batterie vernachlässigt.

$$t = \frac{E_{Bat}}{I_{Bat}} = \frac{500 \dots 600 \text{ mAh}}{88 \text{ mA}} \approx 5.68 \dots 6.2 \text{ h}$$

Somit würde der Rauchmelder im Batterie-Betrieb etwa sechs Stunden laufen.

Um die Anwendung und Funktionsweise des Rauchmelders bildlich zu erklären, wurde ein kleines Video geschaffen. Das erwähnte Video wird inkl. dieser Dokumentation abgegeben, damit alle Studierende auch die Videos der anderen Mitstudierenden anschauen können. Zusätzlich wurde das Video auch auf YouTube hochgeladen, damit es via QR-Code, siehe Abb. 12, angeschaut werden kann.⁴

Ein weiterer wichtiger Punkt, welcher hier noch zu erwähnen ist, ist dass die Schaltung sehr intensiv auf Berührung reagiert. Genauer genommen heisst das, dass man durch das Anfassen des weissen oder gelben Kabels, welche die Kabel der Photodiode sind, die Warn-LED aktivieren kann. Um dieses Phänomen zu testen, wurde der Ausgang des ersten Operationsverstärkers am Oszilloskop angeschlossen. Beim Berühren der Kabel ist zu erkennen, dass sich die Störung nach dem OP massiv verstärkt wird, siehe Abb. 13. In der Abbildung sind auch in Rot die relevanten Spannungsniveaus markiert. Die Störung hat vermutlich damit zu tun, dass der Mensch als Antenne fungiert und das umliegende 50 Hz Netz auffängt und folglich eine Störung in die Kabel induziert. Dies ist jedoch lediglich eine empirische Beobachtung und konnte im Umfang dieses Moduls nicht weiter geprüft werden.



Abb. 12: QR-Code des YouTube-Videos

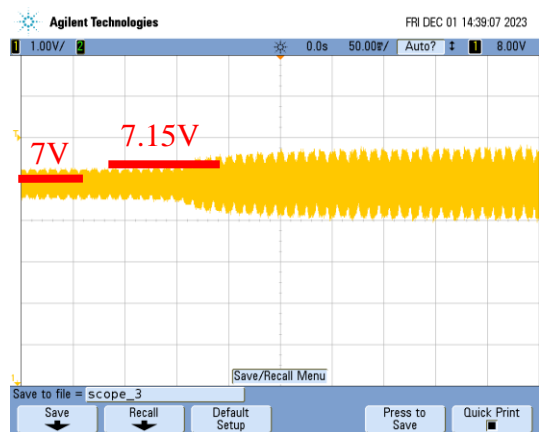


Abb. 13: Messung der Störung mittels Oszilloskop

3.5 Diskussion

Da für das Aktivieren des Flipflop lediglich einen 0.15 V Spannungsunterschied beim Komparator notwendig ist, ist die Schaltung sehr sensitiv auf Störungen. Folglich wäre es möglich, dass der Rauchmelder auch falsche Alarmer auslösen könnte. Also zum Beispiel bei EMV-Problemen oder bei der eben erwähnten Störung auf Berührung. Das Probleme könnte man mittels klugen Abschirmungen einerseits des Kabels und andererseits des ganzen PCBs lösen.

Da die Schaltung, wie im letzten Kapitel ermittelt, im Batterie-Betrieb nur etwa sechs Stunden laufen würde, wäre es von Vorteil, dies zu optimieren. Dies wäre etwa machbar, indem man das Licht der IR-LED nicht dauernd leuchten lassen würde. Stattdessen könnte man kleine Bursts aussenden, was schlussendlich den gleichen Effekt hervorrufen sollte.

Um das Störungsproblem der Berührung zu beheben, wäre es möglich einen Tiefpass-Filter nach dem Ausgang des ersten OP anzuordnen. Dieser würde die Messung zwar leicht verlangsamen, könnte jedoch 50 Hz Störungen ohne Probleme entfernen.

⁴ (Merlin Blickisdorf, 2023)

4 Entsorgung

Das Gehäuse des Rauchmelders wurde mit einem schwarzen PLA-Filament 3D-gedruckt. Obwohl dieses Druckmaterial von den Herstellern als biologisch abbaubar vermarktet wird, sollte dies nicht in den Kompost geworfen werden. Zwar wird PLA zumeist aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Trotzdem ist das Filament nur unter gewissen Umweltbedingungen abbaubar und benötigt mehrere hundert Jahre, bis es sich natürlich zersetzt. Ideale Bedingungen sind erst bei einer Temperatur von 60 °C und dem Zusatz von speziellen Mikroben gegeben. In dem Falle kann die Zeit der Kompostierung signifikant reduziert werden.⁵

Das PCB und die darauf enthaltene Elektronik muss als Elektronik-Schrott entsorgt werden. Für das PCB wird unter anderem Kupfer verwendet, welches generell recycelt wird. Auch die 9 V Batterie soll typengerecht im Elektronik-Schrott entsorgt werden, falls diese nicht wieder-aufladbar, also ein Akku ist.

5 Fazit

Abschliessend kann man sagen, dass dieses Projekt ein Erfolg war. Die Aufgabenstellung konnte vollumfänglich erfüllt werden und die Schaltung funktioniert, wie erwartet. Das Projekt hat dem Team Spass gemacht und den notwendigen «Aha» Effekt in vielen Bereichen geliefert. Es war eine lernreiche Ergänzung zu den theorielastigen Inputs. Zudem konnte das gelernte Wissen, wie die Funktionsweise von Transistoren und Operationsverstärkern direkt im Projekt eingesetzt und infolgedessen ausprobiert werden.

Bei den beiden Tests der gesteckten Schaltung und des fertig gelöteten PCBs gab es zu Beginn Schwierigkeiten. Diese konnten jedoch im Verlauf des Projektes ausgemerzt werden und steuerten dem Verständnis der verschiedenen Bauteile bei.

Die kapazitive Reaktion der Schaltung könnte man mit dem «It's Not a Bug, It's a Feature.» Ansatz auch als einen positiven Punkt betrachten. Hätte man gewollt, einen kapazitiven Schalter zu realisieren, hätte es wohl auf Anhieb nicht so gut funktioniert, wie es im Fall der Kabel von diesem Rauchmelder der Fall ist.

Folglich ist das Team der Gruppe 9 durchgehend zufrieden mit dem Resultat und freut sich, die erbrachten Leistung der restlichen Gruppen vorzustellen.

⁵ (Hofer, 2020)

6 Verzeichnisse

Folgend sind die beiden Verzeichnisse, wie Literatur- und Quellenverzeichnis sowie Abbildungsverzeichnis aufgeführt.

6.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

(1998). Von ueba.elkonet.de:

<https://ueba.elkonet.de/static/ueba/eoffline/sites/sic/0305061.htm> abgerufen

(2023). Von Baunetz_Wissen_:

<https://www.baunetzwissen.de/sicherheitstechnik/fachwissen/brandmeldeanlagen/arten-von-brand--und-rauchmelder-164928> abgerufen

(2023). Von rauchmeldertest.net: <https://www.rauchmeldertest.net/optischer-rauchmelder/> abgerufen

Hofer, K. (08. Juni 2020). Von digitec.ch: <https://www.digitec.ch/de/page/ist-pla-tatsaechlich-biologisch-abbaubar-16645> abgerufen

Merlin Blickisdorf, R. T. (01. Dezember 2023). Von <https://youtu.be/KTbEiMii6NI> abgerufen

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gehäuse Version 1	4
Abb. 2: CAD-Zeichnung Gehäuse Version 2.....	4
Abb. 3: Gehäuse Version 2 inkl. LED und Photodiode	4
Abb. 4: Simulierte Schaltung in TINA.....	5
Abb. 5: Schaumstoffboard mit aufgesteckter Schaltung	6
Abb. 6: Gesteckte Schaltung	7
Abb. 7: Altium Design PCB.....	7
Abb. 8: Unbestücktes PCB vorne.....	8
Abb. 9: Unbestücktes PCB hinten.....	8
Abb. 10: Bestücktes PCB	8
Abb. 11: Finaler Rauchmelder	9
Abb. 12: QR-Code des YouTube-Videos	10
Abb. 13: Messung der Störung mittels Oszilloskop.....	10