

Laborbericht

Schuljahr: 2023/24

Gegenstand: Elektronik

Datum: 12.09.2023 -



Name: Alex Uhl

Klasse: 4BHME

Gruppe: 3

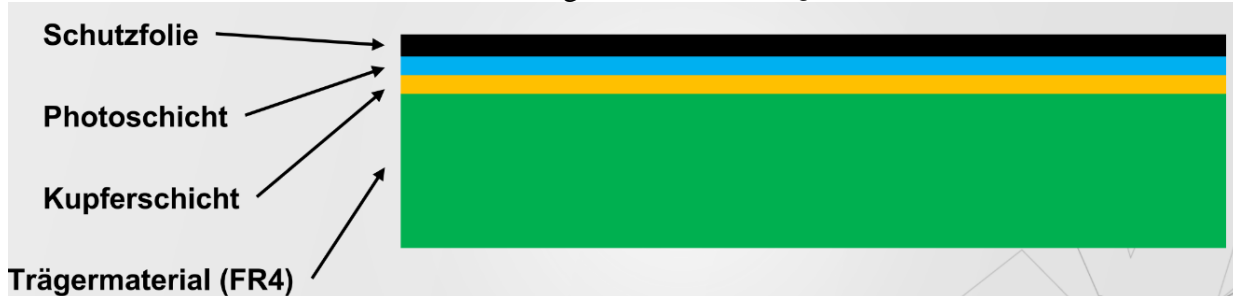
Thema: Chemische Fertigung einer Platine

1) Aufgabenstellung

- Zeichnen des Schaltplans mittels KiCad
- Anfertigen des Platinen-Layouts mittels KiCad
- Fertigen der Platine
- Verlöten der Bauteile

2) Allgemein: PCB-Board-Fertigung

PCB... Printed Circuit Board ist die Abkürzung für Platine auf Englisch. Sie besteht aus 4 Schichten.



- Schutzfolie
- Photoschicht
- Kupferschicht
- Trägermaterial

Schutzfolie

- Schutzfolie schützt vor äußeren Einwirkungen wie mechanischen Kratzern oder UV-Strahlung
- Photoschicht ermöglicht das Ätzen der Platine
- UV-Belichtung für den Ätzzvorgang
- Belichtungsvorlage mit Platine-Layout auf die Schutzschicht legen
- UV-Licht brennt Konturen in die Platine und zerstört die Photoschicht an unbedeckten Stellen
- Belichtungsvorlage wirkt wie Sonnencreme für die benötigten Leiterstellen
- Schutzfolie bleibt erhalten und schützt die Platine nach dem Ätzen

Aufgrund der vielen Anwendungsbereiche gibt es viele Arten von Leiterplatten. Grundsätzlich werden jedoch drei Arten unterschieden:

- Starre Leiterplatte
„Klassische Leiterplatte“ -> „feste“ Platte
- Rigid-Flex
Eine Mischung aus flexibler und Starrer Leiterplatten
-> elektrische Schaltung fängt z.B. bei der starren Platte an und geht bei der flexiblen Platte weiter
- Flexible Leiterplatte
„Weiche Leiterplatte“ -> Platte kann mechanisch gebogen werden und ähnelt vom Aussehen her einer Belichtungsvorlage

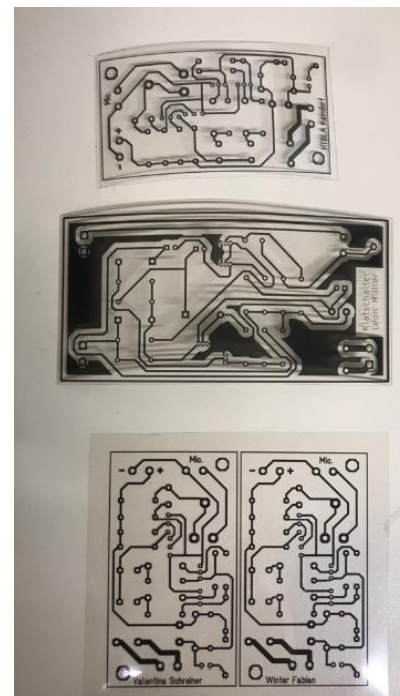
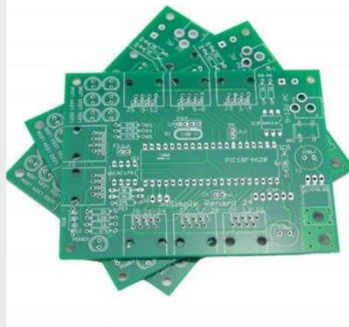
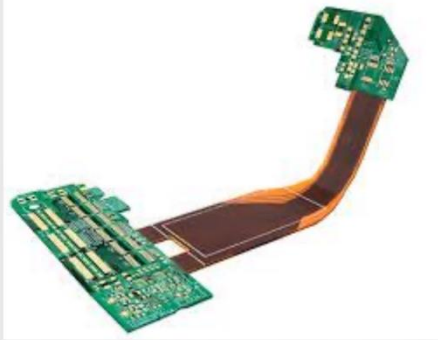


Abbildung 1 Belichtungsvorlage
(Wird mithilfe eines Layout-Programms erstellt)



Starre Leiterplatten



Rigid Flex



Flexibel Leiterplatten

Abbildung 3 Leiterplattenarten

Leiterplatten wie diese können in 2 Arten bestückt werden:

- THT (= **T**hrough **H**ole **T**echnology)
- SMD (= **S**urface **M**ounted **D**evice)

Diese 2 Arten unterscheiden sich in der Montageform. SMD-Bauteile werden direkt ohne mechanischer Halterung mittels einer Lötpaste direkt an die Leiterplatte angelötet, während THT-Bauteile Pins besitzen, diese, wie der Name schon sagt, durch Löcher gesteckt werden und dann erst angelötet werden. In der heutigen Industrie wird jedoch immer mehr auf SMD-Bestückung gesetzt, da diese kleiner gebaut und leichter maschinell aufgesetzt werden können.

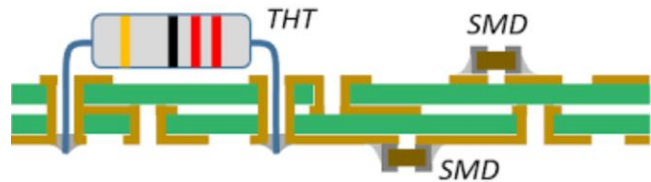


Abbildung 4 Unterschied THT und SMD

3) Schaltplan:

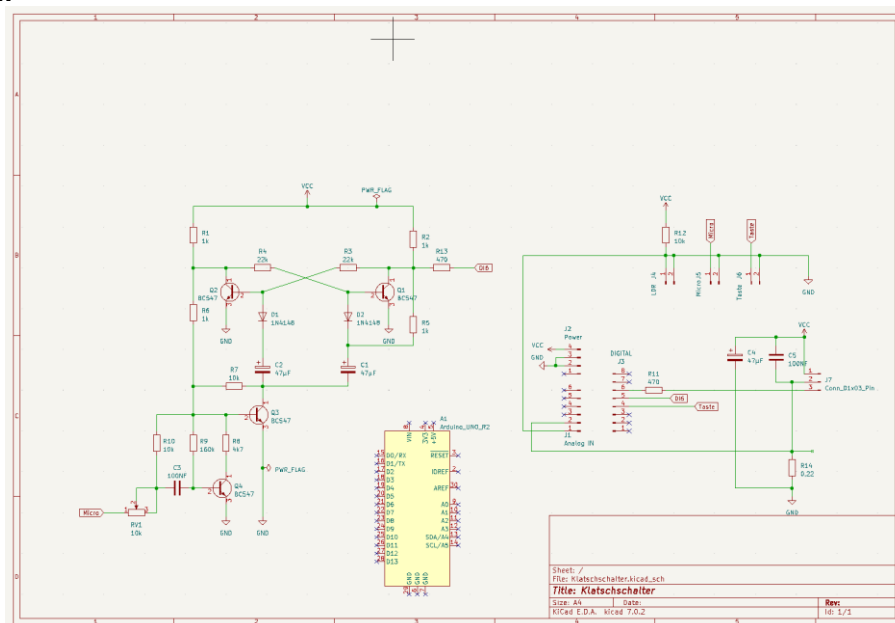
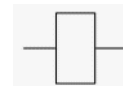
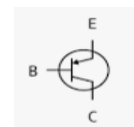
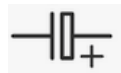


Abbildung 5 Schaltplan im Schaltplaneditor

4) Bauteile und Bauteilinformationen:

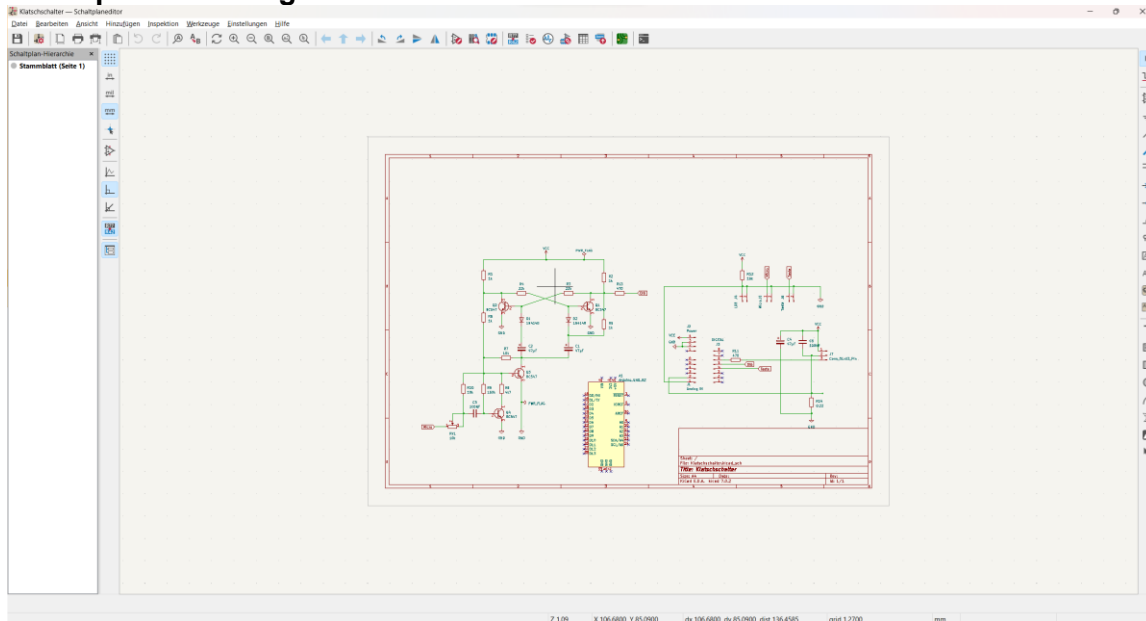
- Elektrischer Widerstand (Bauteil)
 - Einheit: Ohm
 - Verlustleistung hängt von der Bauteilgröße ab (die Energie, die in Wärme umgewandelt wird)
- Kondensator
 - Kapazität
 - Einheit: Farad (F)
 - Kapazität hängt von der Elektrodengröße ab
- Leuchtdiode
 - Lichtquelle
 - Wichtige Kenngrößen: Durchlassspannung; maximaler Strom, den die Diode verträgt; Farbe; Bauform
- Potentiometer
 - Verstellbarer Widerstand
 - Einheit: Ohm
- Polarisierter Kondensator
 - Kapazität
- Transistor
 - Verstärkung des Stroms
 - Findet oft auch als eine Art Schalter seinen Nutzen
- Relais
 - Umschalten zwischen Stromkreisen



5) Stückliste-BOM (Bill Of Materials):

#	Reference	Qty	Value	Footprint	DNP
1	A1	1	Arduino_UNO_R2	Module:Arduino_UNO_R2	
2	C1, C2, C4	3	47µF	Capacitor_THT:CP_Radial_D5.0mm_P2.50mm	
3	C3, C5	2	100nF	Capacitor_THT:C_Disc_D7.0mm_W2.5mm_P5.00mm	
4	D1, D2	2	1N4148	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal	
5	J1	1	Conn_01x06_Pin	Connector_JST:JST_NV_B02P-NV_1x02_P5.00mm_Vertical	
6	J2	1	Conn_01x04_Pin	Connector_JST:JST_NV_B02P-NV_1x02_P5.00mm_Vertical	
7	J3	1	Conn_01x08_Pin	Connector_JST:JST_NV_B02P-NV_1x02_P5.00mm_Vertical	
8	J4, J5, J6	3	Conn_01x02_Pin	Connector_JST:JST_NV_B02P-NV_1x02_P5.00mm_Vertical	
9	J7	1	Conn_01x03_Pin	Connector_JST:JST_NV_B02P-NV_1x02_P5.00mm_Vertical	
10	Q1, Q2, Q3, Q4	4	BC547	Package_TO_SOT_THT:TO-92_Inline	
11	R1, R2, R5, R6	4	1k	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
12	R3, R4	2	22k	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
13	R7, R10, R12	3	10k	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
14	R8	1	4k7	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
15	R9	1	160k	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
16	R11, R13	2	470	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
17	R14	1	0,22	Resistor_THT:R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	
18	RV1	1	10k	Potentiometer_THT:Potentiometer_Piher_PT-10-V10_Vertical_Hole	

6) Schaltplanerstellung mittels KiCad:



7) *Abbildung 6 Schaltplanerstellung im KiCad im Schaltplaneditor*

KiCad hat viele Modi, in der die Platine schrittweise entwickelt beziehungsweise entworfen werden kann. Dabei wird der Schaltplan zuerst im Schaltplaneditor wie auf einem Blatt Papier gezeichnet. Um sie noch zu kontrollieren kann man die Schaltung zusätzlich noch auf elektrischer Korrektheit prüfen, jedoch kann man dabei keine grundsätzlichen Entwurfsfehler aufspüren, da dies kein Simulationsprogramm ist.



Abbildung 7 Tools, die von KiCad angeboten werden

Das oberste in Abbildung 7 Tools, die von KiCad angeboten werden ist das Zeichen im Menü für Schaltplaneditor

8) Layouterstellung mittels KiCad:

Nachdem der Schaltplan erstellt wurde, kann dann auf das zweite Icon von rechts geklickt werden. KiCad wechselt dadurch vom Schaltplaneditor in den Layouteditor.

Das fertige Layout für unsere Platine haben wir von Herr Fachlehrer Planinsec zur Verfügung gestellt bekommen

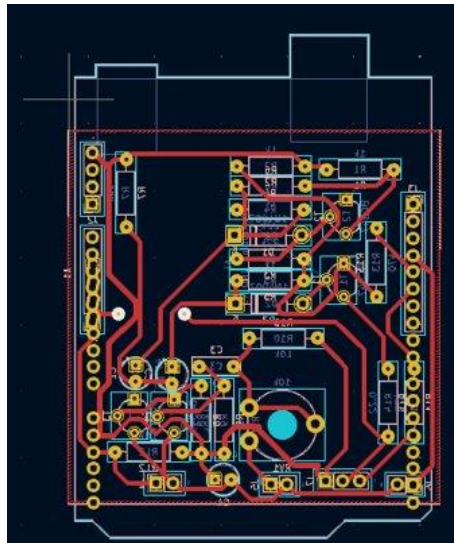
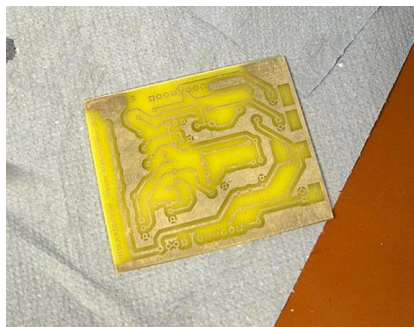
9) Layout BOTTOM Layer:

Abbildung 8 Layout

10) Belichtungsvorlage erstellen:

Die fertige Belichtungsvorlage haben wir von Herr Fachlehrer Planinsec zur Verfügung gestellt bekommen. Zwar habe ich kein Foto, doch diese hat das folgende **Muster:**



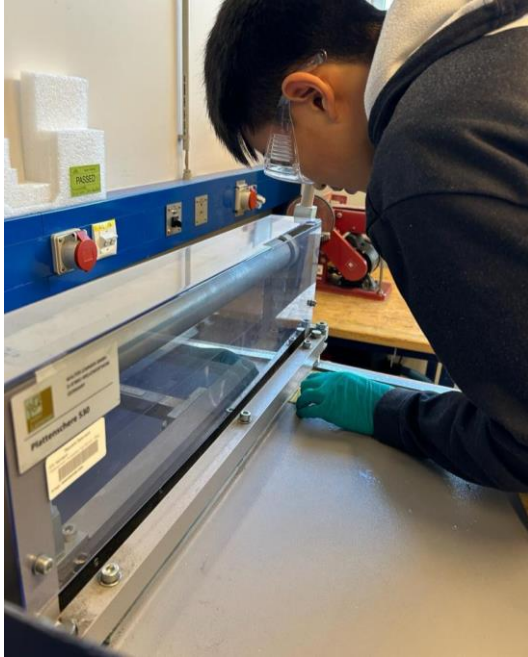
11) Leiterplatte in passende Größe zuschneiden:

Abbildung 9 Zuschneiden der Platine

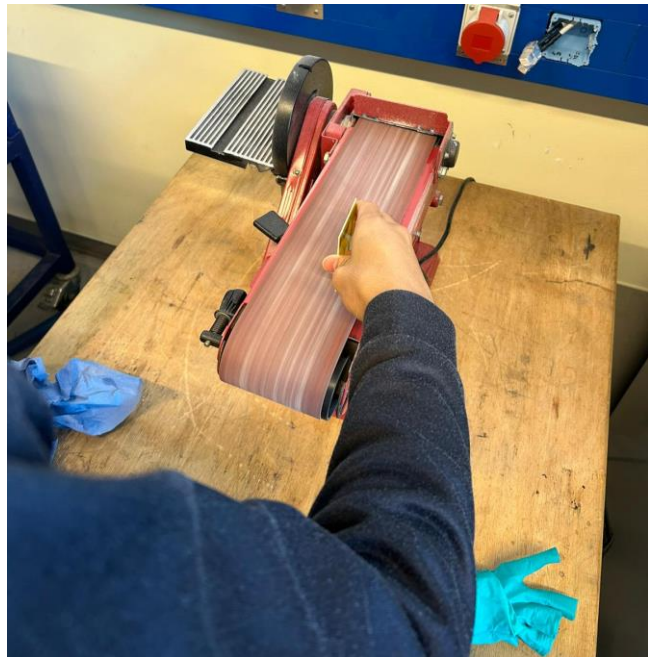


Abbildung 10 Entgraden nach dem Schneidvorgang

12) Platine Belichten:

- Leiterplatte mit Belichtungsfolie einbauen
- Belichtungsfolie unter der Folie positionieren
- Start des Vorgangs mit Vakuumanlage
- Vakuumanlage spannt die Folie ein
- UV-Licht zerstört Photo-Schicht an unbedeckten Stellen
- Unbedeckte Stellen werden für die Platinenentwicklung zugänglich
- Zu beachten:
 - Keine Berührung der Kupferfläche
 - Keine Verunreinigung auf Kupferfläche oder Folie
 - Sicherstellen, dass Belichtungsvorlage satt auf PCB liegt
- Vorzeitiges Anschalten der Vakuumanlage beobachten
- Belichtungszeit: ca. 1:20 Minuten



Abbildung 11 In der Belichtungsanlage eingebaute Leiterplatte

13) Platine Entwickeln:

- Beim Entwickeln wird die Photoschicht entfernt
- UV-Licht beim Belichten zerstört die Photoschicht
- Ziel: Freilegung der Kupferschicht unter der Photoschicht
- Entwickeln in Natriumhydroxid (Base) gefülltem Becken
- PCB wird mit Halterung fixiert
- Rotoren besprühen PCB, ähnlich einem Geschirrspüler
- Vorgang beendet, wenn:
- PCB fleckenfrei ist
- Leiterbahnen gut erkennbar sind
- Keine Schlieren sichtbar sind
- Entwicklerflüssigkeit klar ist
- Nach dem Entwickeln mit kaltem/lauwarmem Wasser abspülen
- PCB direkt für den Ätzvorgang verwenden
- Dauer des Arbeitsschritts: 0:20 – 2:00 Minuten
- Dauer abhängig vom Alter der Base im Becken
- Je neuer die Base, desto schneller der Vorgang



Abbildung 12 Entwicklungsvorgang im Entwicklerbecken

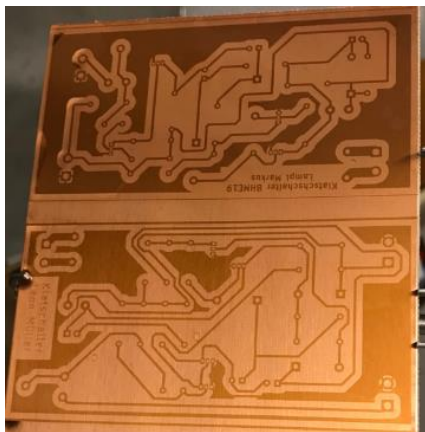


Abbildung 13 Fertigentwickelte PCB

14) Platine Ätzen:

- PCB wird nach dem Entwickeln geätzt
- Verwendung von Natriumpersulfat als Ätzmittel
- Maschine arbeitet wie eine Spülmaschine mit Rotor
- Rotor bespritzt PCB und entfernt überschüssiges Kupfer
- Leiterbahnen und Konturen bleiben übrig
- Arbeitsschutz beachten: Schutzbrille, Handschuhe, Schürze
- Ätzzeit variiert (3:00 bis 10:00 Minuten)
- Ätzzeit abhängig vom Alter der Säure
- Fertiggeätzt, wenn überflüssiges Kupfer entfernt ist
- Leiterbahnen deutlich erkennbar
- PCB sofort mit kaltem oder lauwarmem Wasser abspülen



Abbildung 15 Fertiggeätzte PCB in der Halterung eingespannt



Abbildung 14 Ätzzvorgang

15) Bohren der Platine:

- Verwendung von Software "Crosshair" für Bohrvorgang
- Bohrvorlage zur genauen Positionsmarkierung des Bohrers
- Fadenkreuz markiert exakte Bohrpunkte
- Bei fertiger Platine Fadenkreuz in der Mitte der markierten Punkte platzieren
- Verwendung von Shortcut STRG+ö für Fadenkreuz-Einstellung
- Shortcut STRG+1 zum Fixieren des Fadenkreuzes
- Durch Betätigen eines Pedals wird der Bohrer von unten angehoben

Bohrvorgang für THT-Bauteile wird eingeleitet



Abbildung 16 Bohrmaschine und eingestelltes Fadenkreuz

Wichtig: Darauf achten, den großen Bohrer für die großen Löcher zu verwenden, den kleinen Bohrer für die restlichen Bohrungen

16) Entfernen der Fotolackreste:

- Aceton verwenden
- Feines Schleifpapier benutzen
- Fotolackreste vorsichtig abreiben
- Mit Aceton und einem weichen Tuch reinigen
- Auf saubere, trockene Oberfläche achten
- Gegebenenfalls mehrfach wiederholen, bis alle Rückstände entfernt sind

17) Leiterbahnen gegen Korrosion schützen:

- Leiterbahnschutz vor Korrosion: Löt-Lack und Kalt-Zinn
- Photo-Lack entfernen mit Aceton und feinem Schleifpapier
- Lötack-Anwendung:
 - Platine auf Unterlage platzieren
 - Dünne Lackschicht mit Druckdose auftragen
 - Nachteile: längere Trocknungszeit, brennbarer Stoff
 - Unbrauchbar bei Reflow-löt-Vorgang
- Kaltverzinnung:
 - Kaltzinngemisch sorgfältig aufrühren
 - PCB in Kaltzinngemisch legen
 - PCB mehrmals schwenken, mit Papier reinigen
 - Papier bei Reinigung -> separat entsorgen
 - PCB mit Wasser abspülen
 - Zeitaufwendiger als Löt-Lack, aber einfacher zu bestücken
- Geeignet für Reflow-löten



Abbildung 17 Kaltzinngemisch wird aufgerührt

Anmerkung: Ich habe mich für die Kaltverzinnung entschieden.

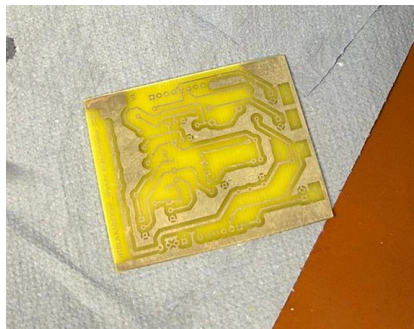


Abbildung 19 Fertigverzinnte Leiterplatte

18) Bestückung der THT-Bauteile:

- Pins mit Biegelehre vorbereiten
- Pins durch Platine stecken
- Bei Bedarf um ca. 45 Grad verbiegen, um sie zu fixieren
- Erleichtert das Verlöten der Bauteile
- Sicherstellen, dass Bauteil auf der Bestückungsseite aufliegt
- Bietet besseren Schutz vor mechanischen Einwirkungen

19) Löten:

- Bauteile durch Löcher gesteckt
- Verlötung auf der Lötseite (Leiterbahnseite)
- Anwendung der 6-Sekunden-Regel:
- 3 Sekunden Lötstelle erhitzen
- 2 Sekunden Lötzinn zuführen
- 1 Sekunde LötKolben halten
- Überflüssige Teile der THT-Bauteile abzwicken nach dem Löten

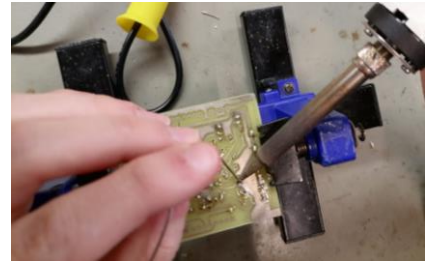


Abbildung 20 Lötvorgang

20) Inbetriebnahme der Platine & Funktionsprüfung der Platine:

- Inbetriebnahme der Platine:
- Fertig gelötete Platine auf das Arduino Board stecken
- Stromversorgung an das Board anschließen
- Testen eines 5V Signals:
- Verbindung von 5V-Leitung zu einem bestimmten Pin mit Draht herstellen
- Überprüfung der Funktionalität:
- Leuchten der beiden Dioden auf der Platine
- Leuchtende Dioden als Indikator für funktionstüchtige Platine annehmen

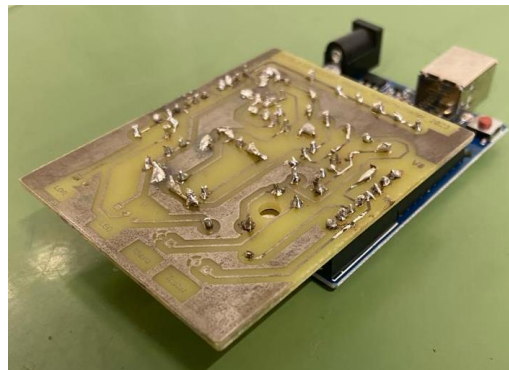
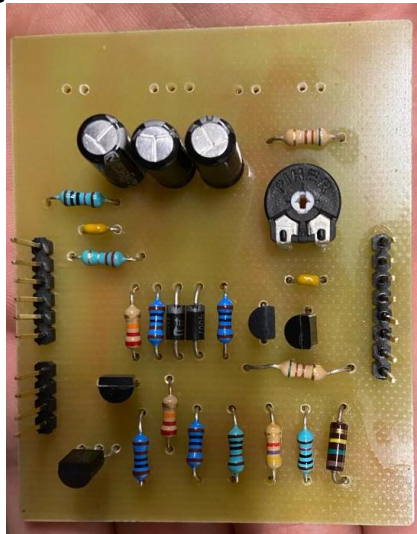


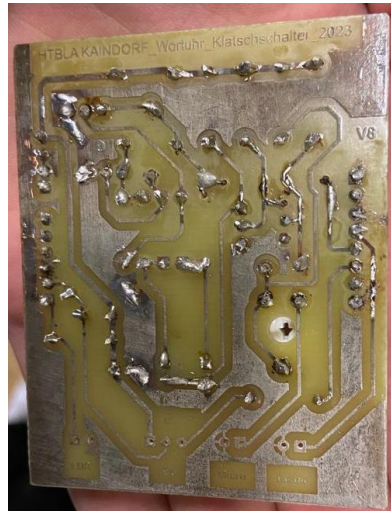
Abbildung 21: Platine auf Arduino Board aufgesteckt, um Funktionalität zu überprüfen

21) Fehlersuche und Behebung Platine:

- Bei fehlender Leuchtkraft beider Dioden:
- Zuerst Überprüfung vor der Inbetriebnahme:
- Elektrische Verbindung zwischen Spannungsleitung und GND prüfen
- Möglicher Kurzschluss zwischen 5V und GND vermeiden
- Optische Überprüfung der Lötstellen durchführen:
- Sicherstellen, dass alle Lötstellen eine elektrische Verbindung haben
- Gegebenenfalls nachbessern
- Bauteile auf Festigkeit überprüfen:
- Rütteln an Bauteilen, Festigkeit sicherstellen
- Locker sitzende Bauteile nachbessern
- Mappen im Platinen Layout konsultieren:
- Elektrische Verbindungen der Pins überprüfen
- Mit einem Multimeter nachmessen
- Schrittweise überprüfen, bis Fehler gefunden ist

Nach etwa 20min Fehlersuche mit dieser Methode bin ich auf den Fehler gestoßen, dass ich bei einer Lötstelle so lange mit dem Lötkolben daran geblieben bin dass ich die Leiterbahn verbrannt habe, wodurch das Bauteil bei diesem Pin keine elektrische Verbindung mit der Leiterbahn mehr machen konnte.

22) Fertiges Projekt Bestückungsseite:

23) Fertiges Projekt Löt-seite:**24) Verwendete Arbeitsmaterialien:**

- 1x Arduino UNO R2
- 3x 47 μ F gepolte Kondensatoren
- 2x 100nF Kondensatoren
- 4x 1kOhm Widerstände
- 2x 22kOhm Widerstände
- 3x 10kOhm Widerstände
- 1x 4,7kOhm Widerstand
- 1x 160kOhm Widerstand
- 2x 470Ohm Widerstände
- 1x 0,22Ohm Widerstand
- 1x 10kOhm Potentiometer
- 4x BC547 Transistoren
- 2x 1N4148 Dioden
- 3x Conn_01x02_Pin
- 1x Conn_01x08_Pin
- 1x Conn_01x04_Pin
- 1x Conn_01x03_Pin
- 1x PCB-Platte



Abbildung 22 Verwendete Bauteile

25) Geräte- Werkzeugliste:

- Computer (KiCad)
- Belichtungsanlage
- Entwicklerbecken
- Ätzbecken
- Platinen-Hebelschere
- Schleifmaschine
- PCB-Bohrer (1,2; 4; 0,8)



- Pinzette
- Rührwerkzeug
- LötKolben
- Platinen Halter
- Seitenschneide
- Lack
- Reinigungsmittel für die Platine



26) Erkenntnis:

Wenn man eine Maschine bedient, soll man immer zuerst prüfen, ob das richtige Werkzeug eingespannt ist.

Wer lesen kann ist klar im Vorteil -> oft sind an der Maschine Hilfestellungen angebracht, die einem bei der Bedienung der Maschine helfen

Bei dem gesamten Projekt konnte Erkenntnis im Bereich der Platinenherstellung und Bearbeitung gesammelt werden, sowie Erfahrungen im Löten und in der Fehlersuche/behebung



•