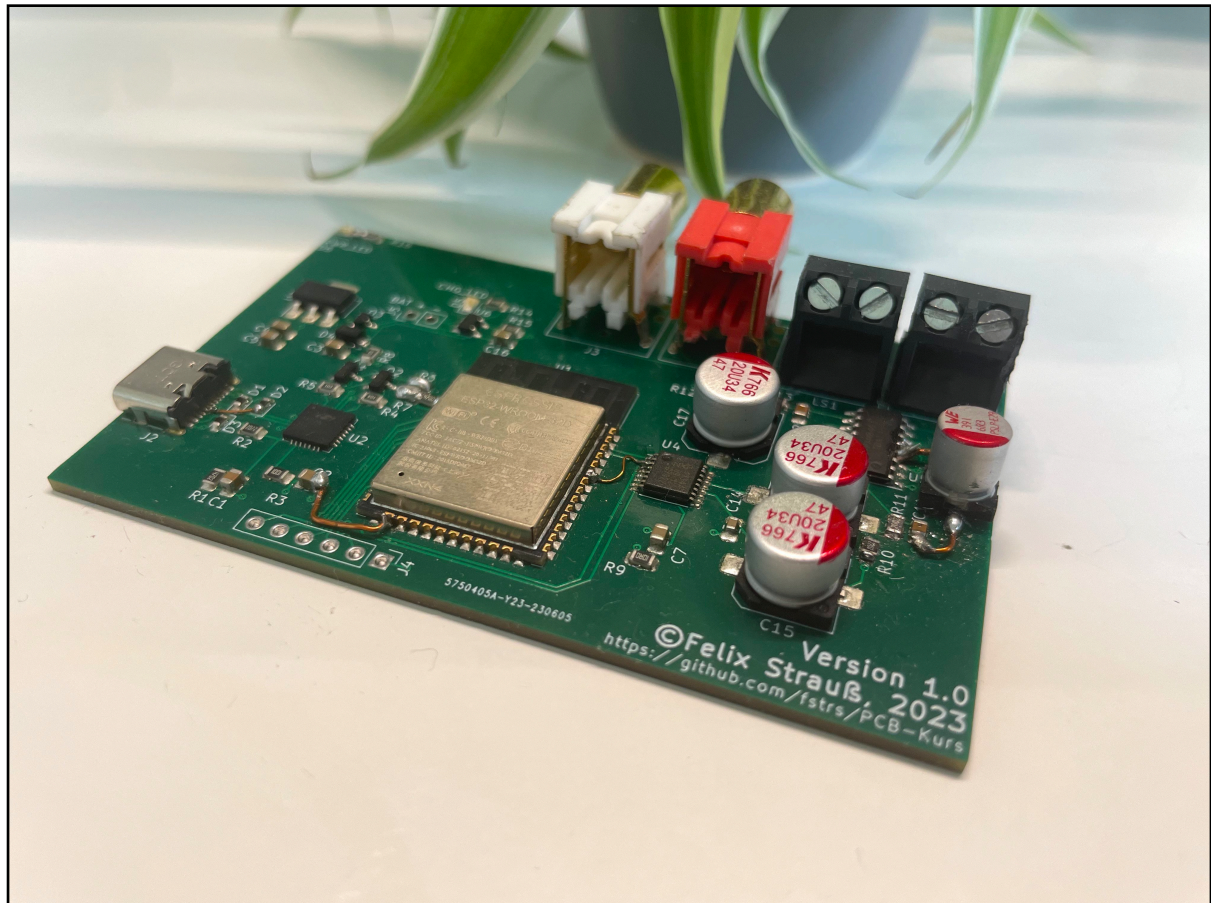


Fachhochschule Dortmund
Fachbereich Informationstechnik
Felix Strauß
Prof. Dr. Benjamin Menküc
11. September 2023

**Fachhochschule
Dortmund**

University of Applied Sciences and Arts



©Felix Strauß, 2023

Embedded Systems hardware design and rapid prototyping

Hausarbeit

Architekturplan	3
Schaltplan	4
Schaltplan Zusammenfassung	6
Layout	8
Bill of Material (BOM)	10
Fazit	14
Referenz- und Abkürzungsverzeichnis	15
Quellenverzeichnis	16
Erklärung	17

Architekturplan

Ziel dieses Kurses ist es, einen eigenen Bluetooth Empfänger mit Verstärker zu entwickeln.

Im Architekturplan werden Schaltungselemente grob festgelegt und die Interaktionen der Komponenten spezifiziert.

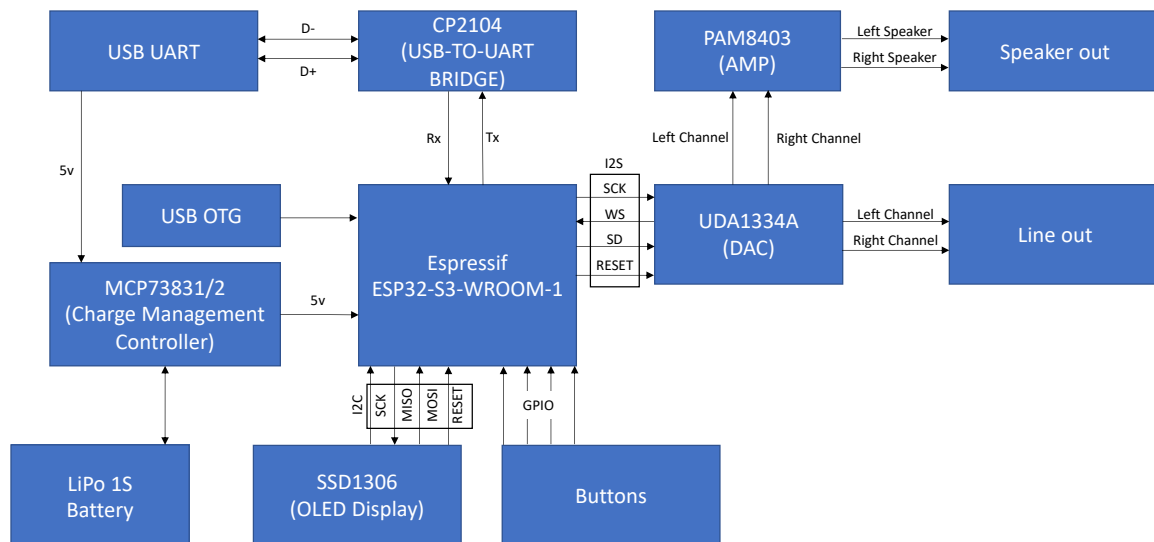


Abb. 1 - Architekturplan

Pinout

ESP32	Button / LED
any GPIO	PLAY
any GPIO	PAUSE
any GPIO	NEXT
any GPIO	PREV
any GPIO	STATUS LED

ESP32	SDD1306
any GPIO	SDA
any GPIO	SCL

ESP32	UDA1334A
any GPIO	6 / SYSCLK/PLL1
any GPIO	2 / WS
any GPIO	3 / DATA

ESP32	CP2104
36 / RXD0	20 / RXD
37 / TXD0	21 / TXD

UDA1334A	PAM8403
14 / VOUTL	7 / INL
16 / VOUTR	10 / INR

CP2104	USB
3 / D+	USB D+
4 / D-	USB D-

Abb. 2 Pinout Architekturplan

Schaltplan

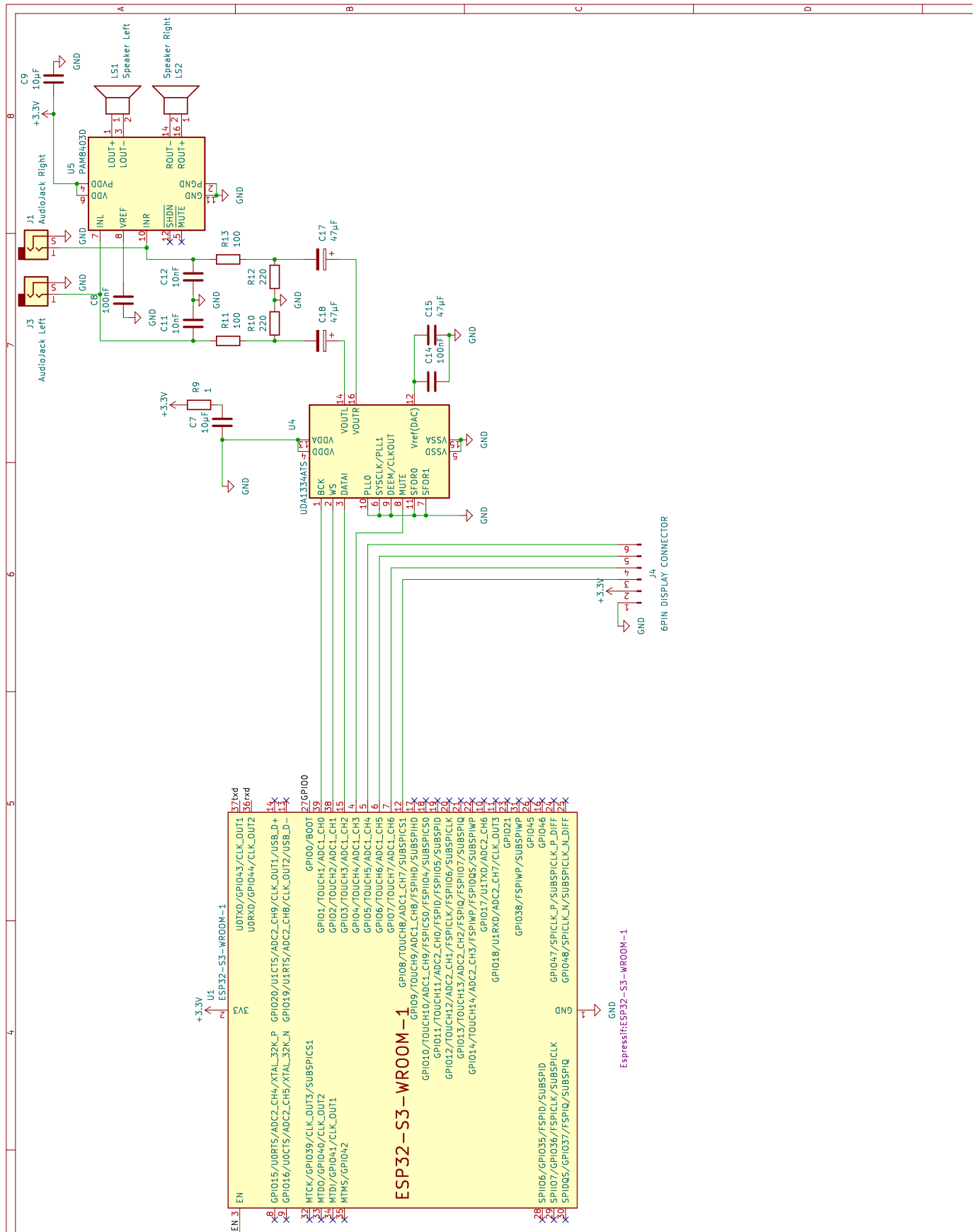


Abb. 3 - Schaltplan Mikrocontroller, A-D Wandler & Verstärker

Schaltplan Zusammenfassung

Der Schaltplan verschafft einen Überblick über die Bauteile und deren Verbindungen untereinander. Diese Informationen werden für die Leiterplatte übernommen. Im Folgenden werden die einzelnen Bauteile und ihre Funktion kurz erläutert:

CP2102N

Der USB-zu-UART-Brückencontroller bietet eine einfache Lösung für die Aktualisierung von RS-232-Designs auf USB mit einem Minimum an Komponenten und Leiterplattenplatz. Er enthält einen USB 2.0 Full-Speed-Funktionscontroller, einen USB-Transceiver, einen Oszillator und einen Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) in einem 3 mm x 3 mm kleinen Gehäuse. [2]

MCP73831

Der MCP73831 IC ist ein linearer Lademanagement-Controller für den Einsatz in platzbeschränkten Anwendungen. Der MCP73831 ist in einem 5-poligen SOT-23-Gehäuse erhältlich. Der MCP73831 eignet sich aufgrund ihrer geringen Abmessungen und der geringen Anzahl der erforderlichen externen Komponenten gut für tragbare Anwendungen. Bei Anwendungen, die über einen USB-Anschluss geladen werden, erfüllt der MCP73831 alle Spezifikationen für die USB-Stromversorgung. [3]

ESP32-WROOM-32D

ESP32-WROOM-32D und ESP32-WROOM-32U sind leistungsstarke, generische Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE-Module, die auf eine Vielzahl von Anwendungen abzielen, die von stromsparenden Sensornetzwerken bis hin zu den anspruchsvollsten Aufgaben reichen, wie z.B. Sprachkodierung, Musikstreaming und MP3-Dekodierung. [4]

UDA1334ATS

Der UDA1334ATS ist ein Einchip-Digital-Analog-Wandler mit 2 Kanälen, der Bitstream-Konvertierungstechniken verwendet und eine integrierte PLL enthält.

Aufgrund des extrem niedrigen Stromverbrauchs und der geringen Spannungsanforderungen eignet sich der Baustein hervorragend für den Einsatz in tragbaren digitalen Audiogeräten mit niedriger Spannung und geringem Stromverbrauch, die über eine Wiedergabefunktion verfügen. [5]

PAM8403

Der PAM8403 ist ein 3-W Class-D Audioverstärker. Er bietet einen niedrigen THD+N-Wert und ermöglicht so eine hochwertige Klangwiedergabe. Die filterlose Architektur ermöglicht es dem Gerät, den Lautsprecher direkt anzusteuern. [6]

Layout

Das Layout basiert auf dem Schaltplan und dient zur virtuellen Bestückung der Platine inklusive Leiterbahnen. Diese Platine besitzt vier Schichten:

1. Allgemein für Leitungen
2. Versorgungsspannung
3. Masseschicht
4. Hochgeschwindigkeitsleitungen

Über sogenannte Vias/Durchkontaktierung können die Schichten miteinander verbunden werden.

Es macht Sinn die Hochgeschwindigkeitsleitungen unter eine Masseschicht zu platzieren, denn damit sorgt man für eine gute Abschirmung und einem definierten Wellenwiderstand.

Zudem ist es wichtig die richtige Leiterbahnbreite zu wählen, damit nicht zu viel Spannung über den Weg abfällt. In diesem Fall wurden folgende Leiterbahnbreiten gewählt:

Power-Leitungen: 0.3mm

Signal-Leitungen: 0.2mm

Bei schnellen Leitungen können aufgrund von sich ändernden Wellenwiderständen Reflexionen auftauchen, deswegen werden schnelle Leitungen - wie die USB Datenleitung - über Differentialleitungen realisiert. Differentialleitungen sollten eng beieinander verlaufen und ungefähr die gleiche Länge haben, denn dies trägt dazu bei, dass sie sehr robust gegenüber Störungen sind. Die Leiterbahndicke sowie das Abstandsmaß können so gewählt werden, dass ein gewünschter Wellenwiderstand erzielt wird. In diesem Fall sind die Wege der schnellen Leitungen kurz, deshalb hat die Wahl der Leiterbahn Parameter keinen allzu großen Einfluss auf den Spannungsverlust. Gehen wir allerdings von einem Wellenwiderstand von 90 Ohm bei 4 Layers aus ergeben sich folgende Parameter:

Leiterbahndicke 0.15mm

Abstandsmaß: 0.23 mm

Dabei ist zu beachten ob die Werte mit den technischen Standards der Platinenhersteller kompatibel sind.

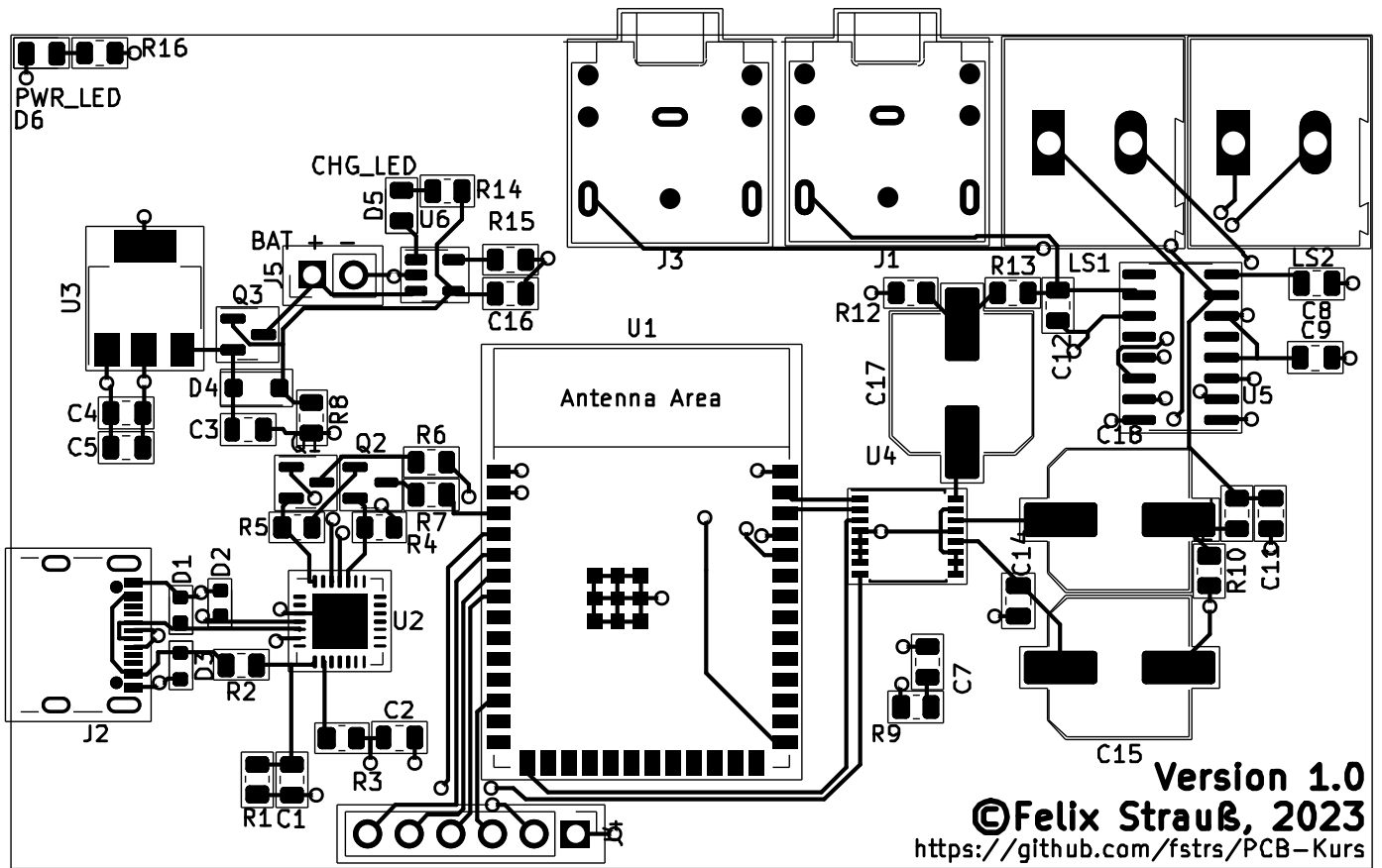


Abb. 5 - PCB Top Layer

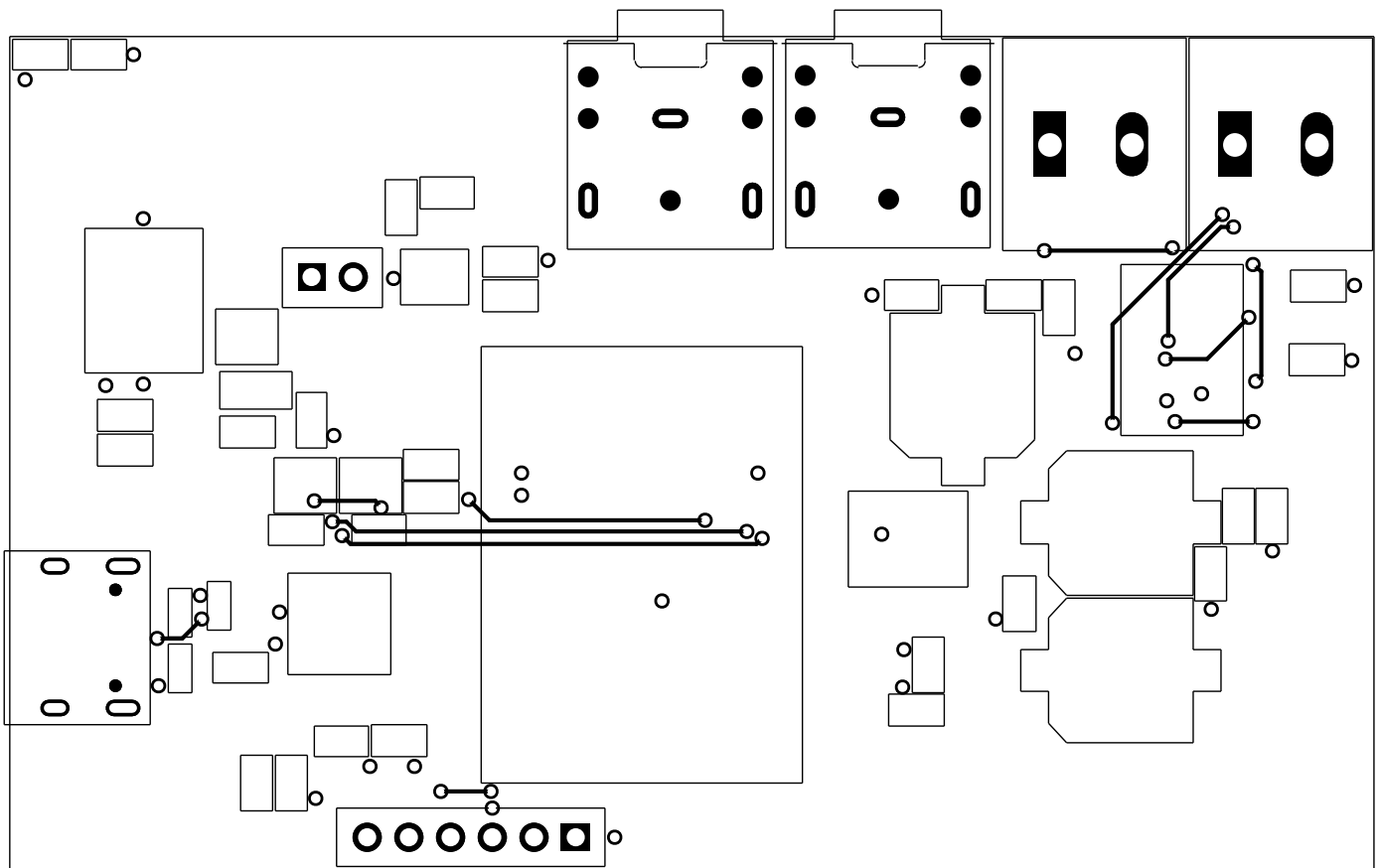


Abb. 6 - PCB Bottom Layer

Bill of Material (BOM)

Der Bestückungsplan dient als Vorbereitung für die Bestückung und gibt Auskunft darüber in welcher Reihenfolge die Bauteile platziert und gemessen werden, mit dem Ziel Fehlerquellen schnell und effizient nachzuverfolgen. Zudem kann man die Reihenfolge so wählen, das bereits bestückte Bauteile das Bestücken weitere Bauteile nicht behindern (z.B werden große Bauteile wie die μ C nach den dazugehörigen Bauelementen draufgelötet).

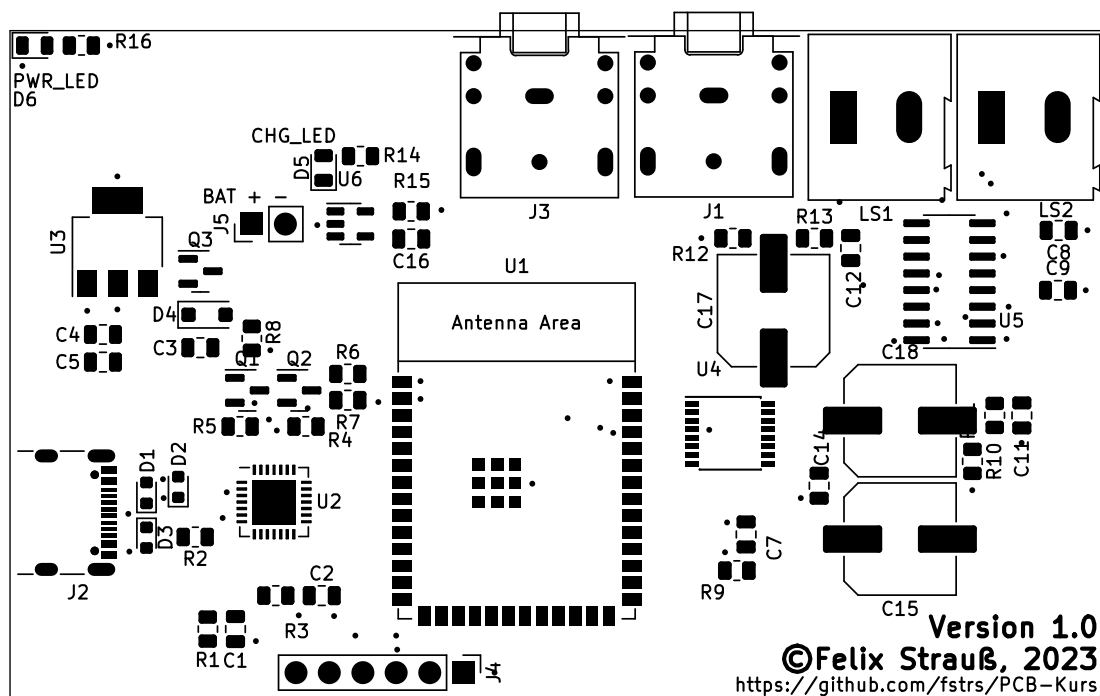


Abb. 7 Bestückungsplan

Ref	Qty	Value	Cmp name	Footprint	Description
Source:	/Users/felix/Documents/Studium/4.Semester/PCB/PCB-Kurs/PCB/PCB/PCB.kicad_sch				
Date:	2023 June 14, Wednesday 14:14:17				
Tool:	Eeschema 7.0.1-0				
Generator:	/Applications/KiCad/KiCad.app/Contents/SharedSupport/plugins/bom_csv_grouped_by_value_with_fp.py				
Component Count:	53				

Ref	Qty	Value	Comp name	Footprint	Description
C1, C5	2	1u	C	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric	Unpolarized capacitor
C2, C3, C4	3	10u	C	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric	Unpolarized capacitor
C7, C9, C16	3	10 μ F	C	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric	Unpolarized capacitor
C8, C14	2	100nF	C	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric	Unpolarized capacitor
C11, C12	2	10nF	C	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric	Unpolarized capacitor
C15, C17, C18	3	47 μ F	C_Polarized	Capacitor_SMD:C_Elec_8x10.2	Polarized capacitor
D1, D2, D3	3	D_TVS	D_TVS	Diode_SMD:D_0603_1608Metric	Bidirectional transient-voltage-suppression diode
D4	1	SS34FA	MBR1020VL	Diode_SMD:D_SOD-123F	20V, 1A, 340 mV, Schottky Diode Rectifier, SOD-123F
D5	1	LED	LED	LED_SMD:LED_0805_2012Metric	Light emitting diode
D6	1	PWR_LED	LED	LED_SMD:LED_0805_2012Metric	Light emitting diode
J1	1	AudioJack Right	AudioJack2	Connector_Audio:Jack_3.5mm_CUI_SJ1-3523N_Horizontal	Audio Jack, 2 Poles (Mono / TS)
J2	1	USB_C_Receptacle_USB2.0	USB_C_Receptacle_USB2.0	Connector_USB:USB_C_Receptacle_GCT_USB4105-xx-A_16P_TopMnt_Horizontal	USB 2.0-only Type-C Receptacle connector
J3	1	AudioJack Left	AudioJack2	Connector_Audio:Jack_3.5mm_CUI_SJ1-3523N_Horizontal	Audio Jack, 2 Poles (Mono / TS)
J4	1	6PIN DISPLAY CONNECTOR	Conn_01x06_Pin	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x06_P2.54mm_Vertical	Generic connector, single row, 01x06, script generated

Ref	Qty	Value	Comp name	Footprint	Description
J5	1	CONN BAT	Conn_01x02_Socket	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical	Generic connector, single row, 01x02, script generated
LS1	1	Speaker Left	Speaker	TerminalBlock:TerminalBlock_Altech_AK300-2_P5.00mm	Speaker
LS2	1	Speaker Right	Speaker	TerminalBlock:TerminalBlock_Altech_AK300-2_P5.00mm	Speaker
Q1, Q2	2	BC817	BC817	Package_TO_SOD_T_SMD:SOT-23	0.8A Ic, 45V Vce, NPN Transistor, SOT-23
Q3	1	BSS84	BSS84	Package_TO_SOD_T_SMD:SOT-23	-0.13A Id, -50V Vds, P-Channel MOSFET, SOT-23
R1	1	47K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R2	1	22K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R3	1	1K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R4, R5, R8, R16	4	10K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R6, R7	2	1K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R9	1	1	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R10, R12	2	220	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R11, R13	2	100	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R14	1	470	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor
R15	1	2K	R	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric	Resistor

Ref	Qty	Value	Comp name	Footprint	Description
U1	1	ESP32-S3-WROOM-1	ESP32-S3-WROOM-1	Espressif:ESP32-S3-WROOM-1	2.4 GHz WiFi (802.11 b/g/n) and Bluetooth –Æ 5 (LE) module Built around ESP32S3 series of SoCs, Xtensa –Æ dualcore 32bit LX7 microprocessor Flash up to 16 MB, PSRAM up to 8 MB 36 GPIOs, rich set of peripherals Onboard PCB antenna
U2	1	CP2102 N-Axx-xQFN28	CP2102N -Axx-xQFN28	Package_DFN_QFN:QFN-28-1EP_5x5mm_P0.5mm_EP3.35x3.35mm	USB to UART master bridge, QFN-28
U3	1	NCP1117-3.3_SOT223	NCP1117-3.3_SOT223	Package_TO_SOT_SMD:SOT-223-3_TabPin2	1A Low drop-out regulator, Fixed Output 3.3V, SOT-223
U4	1	UDA1334ATS	UDA1334ATS	Package_SO:SSOP-16_4.4x5.2mm_P0.65mm	Low Power Audio DAC with PLL, SSOP-16
U5	1	PAM8403D	PAM8403D	Package_SO:SO P-16_3.9x9.9mm_P1.27mm	3W Filterless Class-D Stereo Audio Amplifier, SOP-16
U6	1	MCP73831-3-OT	MCP73831-3-OT	Package_TO_SOT_SMD:SOT-23-5	Single cell, Li-Ion/Li-Po charge management controller, 4.35V, Tri-State Status Output, in SOT23-5 package

Abb. 8 - Bill of Material (BOM)

Die Liste besteht aus 41 Zeilen und sechs Spalten mit folgenden Informationen

1. Referenz: Bezeichner für die Bauteilnummer, aus der sich das Bauteil ableiten lässt
2. Anzahl: Wie viele dieser Bauteile werden gebraucht
3. Wert: elektrotechnischer Wert der Bauteile
4. Einheit: Einheit der angegebenen Werte
5. Footprint: Gibt an, in welcher Bauform die Komponente benötigt wird
6. Kommentar: nähere Informationen über das Bauteil zur Orientierung und Übersichtlichkeit

Fazit

Jeder Schritt der Vorgehensweise zur Erstellung einer eigenen Platine erleichtert letztendlich das korrekte Bestücken der Platine. Angefangen bei einer groben Übersicht, dem Architekturplan, macht man sich mit dem Projekt vertraut und gewinnt nach und nach an Verständnis des komplexen Systems. Der Schaltplan verdeutlicht die Beziehungen und Verbindungen zwischen Bauteilen und hilft einen Zusammenhang zwischen den Blöcken, die im Architekturplan verwendet wurden, herzustellen.

Anlehnend an dem Schaltplan und den unterstützenden KiCad Features werden die oben erwähnten Beziehungen (virtuell) realisiert. An diesem Punkt besitzt man im idealen Fall ein Verständnis, welches weiter in die Tiefe geht und die gesammelten Informationen werden unübersichtlich. Die BOM Liste ermöglicht eine strukturierte und individuelle Zusammenfassung der einzelnen Bauteile des gesamten Projekts und erleichtert schlussendlich durch festlegen der Reihenfolge das Bestücken der Platine.

Alle Projektbezogenen Dateien finden sich in dem, zu dem Projekt gehörenden GitHub-Repository unter <https://github.com/fstrs/PCB-Kurs>

Referenz- und Abkürzungsverzeichnis

μ C	Mikrocontroller
C	Capacitor (Kondensator)
R	Resistor (Widerstand)
Q	Transistor
D	Diode / LED
J	Stecker
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter (serielle Schnittstelle)
RS-232	Recommended Standard 232 (serielle Schnittstelle)
I ² C	Inter-Integrated Circuit (serieller Datenbus)
I ² S	Inter-IC Sound (serielle digitale Audiodatenübertragung)
IC	integrated circuit (integrierter Schaltkreis)
SOT	Small-outline transistor (Transistor mit kleinem Umriss)
SMD	Surface-mounted device (oberflächenmontiertes Bauelement)
PLL	phase-locked loop (Phasenregelschleife)
GPIO	General Purpose Input/Output (allgemeiner digitaler Kontaktstift an einem integrierten Schaltkreis)

Quellenverzeichnis

[1] *Hausarbeit_PCB_Beispiel.pdf*

Zur Verfügung gestellt durch Prof. Dr. Benjamin Menküc am 06.06.2023 via Ilias-Kurs

Die Beschreibung der Komponenten wurde aus den jeweiligen Datenblättern übernommen und frei übersetzt. Die Datenblätter befinden sich zum Download auf der Website des jeweiligen Herstellers oder Händler

[2] *cp2102n-datasheet.pdf*

[3] *MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf*

[4] *esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf*

[5] *UDA1334ATS.pdf*

[6] *PAM8403-247318.pdf*

Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer, als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher bzw. ähnlicher Form (im Ganzen, wie in Teilen) in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Schwerte, den 11. September 2023

Ort, Datum

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Stronß', written over a horizontal line.

Unterschrift