



DIPLOMARBEIT

Gesamtprojekt

Lichtwecker mit Leichtschlafphasenerkennung

Systemkonzeptentwurf, Softwareprogrammierung Sensorsegment

Philip Kalkbrenner 5BHEL

Betreuer: Dipl.-Ing. Pfeiffer Johann

Softwareprogrammierung Hauptsegment

Mustafa Algan 5BHEL

Betreuer: Dipl.-Ing. Pfeiffer Johann

Layoutentwurf Leiterplatten, Gehäusekonzeptentwurf, Fertigung und Bestückung

Geoffrey Kainz 5BHEL

Betreuer: Dipl.-Ing. Pfeiffer Johann

ausgeführt im Schuljahr 2015/16

Abgabevermerk:

Datum: 08.04.2016

übernommen von:

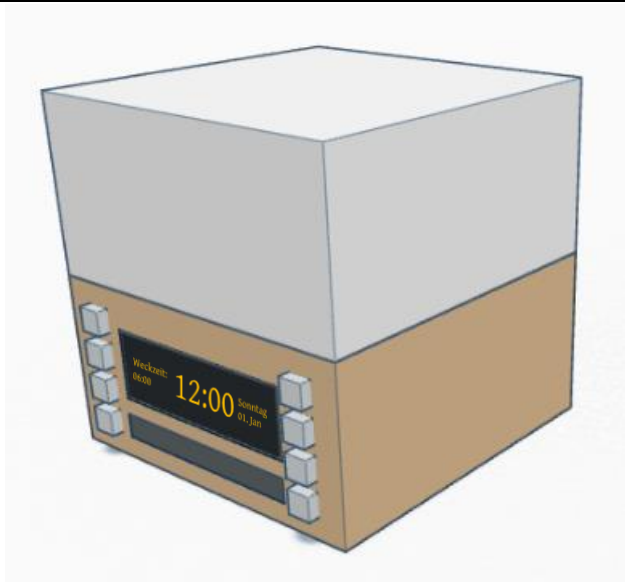
DIPLOMARBEIT DOKUMENTATION

Namen der Verfasser/innen	Philip Kalkbrenner Geoffrey Kainz Mustafa Algan
Jahrgang Schuljahr	5BHEL, 2015/16
Thema der Diplomarbeit	Lichtwecker mit Leichtschlafphasenerkennung alias Primae Lucis
Kooperationspartner	Keine

Aufgabenstellung	Pro Nacht kommt es bei einem gesunden Menschen zu vier bis sieben Schlafzyklen zu je etwa 70–110 Minuten, bei denen mehrere Tiefschlafphasen, gefolgt von REM-Schlaf, durchlaufen werden. Sowohl beim Eintauchen in die REM-Phase, als auch beim Zurückfallen in den Tiefschlaf, gibt es jeweils eine kurze Phase in welcher Menschen beinahe wach sind, und dazu tendieren sich zu bewegen, oder sich zu drehen. In dieser Phase wachen Menschen äußerst leicht auf. Diese Eigenschaft soll mit dieser Arbeit genutzt werden indem jener Zeitpunkt ermittelt wird, und die zu weckende Person primär durch einen simulierten Sonnenaufgang geweckt wird. Ein komfortables Aufwecken ist hierbei das Hauptaugenmerk.
------------------	--

Realisierung	Primae Lucis besteht aus zwei Segmenten, einem Basissegment welches über ein Display zur Anzeige verschiedenster Informationen, 9 Eingabetasten sowie 32 RGB LEDs verfügt, und einem Sensorsegment welches einen Beschleunigungssensor besitzt. Die Kommunikation zwischen den Segmenten wird über die Bluetooth Schnittstelle abgehandelt. Die RGB LEDs dienen zur Simulation des Sonnenaufgangs und befinden sich unterhalb eines Diffusors zur Streuung des Lichts. Das Basissegment befindet sich innerhalb eines würfelförmigen Gehäuses mit sehr kompakten Abmessungen von 150mm Kantenlänge. Das Sensorsegment befindet sich innerhalb eines Frottee Bandes welches der Anwender über Nacht auf dem Handgelenk trägt.
--------------	--

Ergebnisse	Alle Musskriterien wurden mit der Arbeit erfüllt, zahlreiche durchgeführt Test durch Familienmitglieder und Freunden zeigten zudem dass der Aufwachvorgang durch erkennen einer Leichtschlafphase wesentlich komfortabler ist. Das Aufwachen durch den simulierten Sonnenaufgang hingegen funktionierte nicht bei allen Testpersonen da 32 RGB LEDs nicht genügend hell sind. Der modulare Aufbau des Basissegments erlaubt allerdings ein einfaches Tauschen der Komponenten weswegen die LEDs nach Bedarf gegen High – Power LEDs getauscht werden können. Das Projekt ist von nun an im privaten gebraucht.
------------	---

Typische Grafik, Foto etc. (mit Erläuterung)	 Abb. 1-1: Basissegments mit Gehäuse und aktiven Display
---	---

Teilnahme an Wettbewerben, Auszeichnungen	Keine
--	-------

Möglichkeiten der Einsichtnahme in die Arbeit	
--	--

Approbation (Datum / Unterschrift)	Prüfer/Prüferin	Direktor/Direktorin Abteilungsvorstand/Abteilungsvorständin
---------------------------------------	-----------------	--

DIPLOMA THESIS

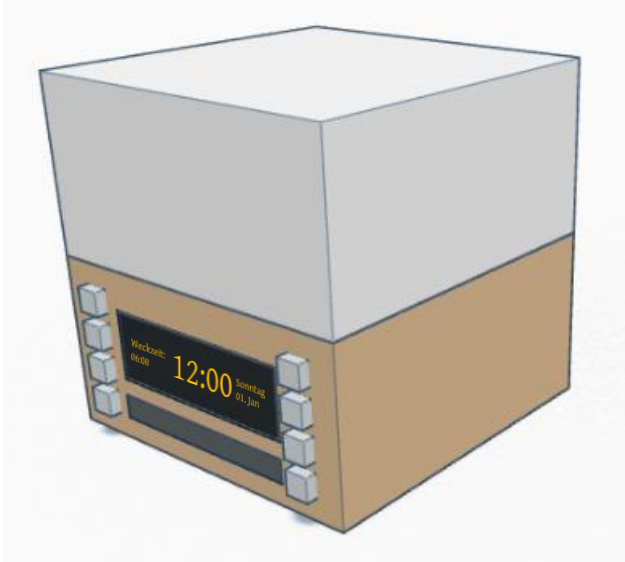
Documentation

Author(s)	Philip Kalkbrenner Geoffrey Kainz Mustafa Algan
Form Academic year	5BHEL, 2015/16
Topic	Sunrise alarm clock with light-sleep detection alias Primae Luces
Co-operation partners	None

Assignment of tasks	A regular human has four to seven sleep cycles every night which are 70 to 110 minutes long. Every cycle consists of several deep – sleep phases followed by a REM – sleep phase. While changing into a REM – phase, or back into a deep – sleep phase, there is always a short phase of very light sleep where humans are almost awake and tend to make movements. If humans are woken up in this phase, it is very easy for them to wake up. This project will make use of this trait by detecting such a phase, and trying to wake the person primary with a simulated sunrise. Making the wake up process as comfortable as possible is the top priority.
---------------------	--

Realisation	Primae Luces consists of two different segments, a base segment which contains a display to indicate various informations, nine interface buttons and 32 RGB LEDs, as well as a sensor segment which contains an accelerometer. The communication between the two separated segments uses the Bluetooth interface. The RGB LEDs are used to simulate a sunrise and are located beneath a diffuser which is part of the enclosure. The base segment is located inside a cube shaped enclosure with very compact dimensions of 150mm edge length. The sensor segment is integrated into a terrycloth wristband, which has to be worn by the user at night.
-------------	---

Results	All need – criteria were accomplished with this project, many test with family members as well as friends showed that the wake – up process is much more comfortable by recognizing a light – sleep phase. Unfortunately waking up the user with the simulated sunrise did not work with every person as expected. Apparently 32 RGB LEDs are not bright enough to wake up the user reliable, although this varies from person to person. The modular design of the base segment allows easy reconfiguration of the components. This means that the LEDs can be exchanged with minimal effort. The project is now in private use.
---------	---

Illustrative graph, photo (incl. explanation)	 Abb. 1-2: Base segment with enclosure and active display.
--	---

Participation in competitions Awards	None
---	------

Accessibility of Diploma Thesis	
---------------------------------	--

Approval (Date / Signature)	Examiner	Head of College / Department
--------------------------------	----------	---------------------------------

1 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht. Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln mit der Note „nicht genügend“ (ohne Möglichkeit einer Nachbesserung oder Wiederholung) geahndet wird und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

Diese Arbeit wurde neben der gedruckten Version auch auf CD-ROM zur Prüfung der o.g. Erklärung bei der zuständigen Prüferin/dem zuständigen Prüfer hinterlegt.

(Ort und Datum)

(Unterschrift ALGAN Mustafa)

(Unterschrift KAINZ Geoffrey)

(Unterschrift KALKBRENNER Philip)

2 Inhaltsverzeichnis

1	Eidesstattliche Erklärung.....	6
2	Inhaltsverzeichnis	7
3	Pflichtenheft.....	9
3.1	Zielbestimmung	9
3.1.1	Musskriterien	9
4	Projektplan	10
4.1	Projekt Zeitplan	10
4.2	Arbeitsplan.....	10
4.2.1	Pflichtenheft.....	10
4.2.2	Systementwicklung.....	10
5	Umfeldanalyse.....	11
5.1	Drahtlose Segmentverbindung	11
5.1.1	Auswahlkriterien.....	11
5.1.2	Bluetooth V2.1 Modul BC-04.....	11
5.1.3	Bluetooth V4.0 Modul HM-11.....	12
5.1.4	Entscheidung	12
5.2	Anzeige.....	13
5.2.1	Auswahlkriterien.....	13
5.2.2	NHD-3.12-25664UCY2.....	13
5.3	Bereitstellung der Versorgung.....	14
5.3.1	Auswahlkriterien.....	14
5.3.2	Dual Step – Down Regler TPS54386	14
5.3.3	Dual Step – Down Regler MAX1775	14
5.3.4	Entscheidung	15
6	Systemspezifikation.....	16
6.1	Systemüberblick.....	16
6.1.1	Funktionalität der Baugruppen.....	16
6.1.2	Detaillierte Bauteilbeschreibung	22
6.1.3	Mechanik.....	27
6.1.4	Schnittstellen	28
7	Detaillierte Beschreibungen	30
7.1	Frontplatte.....	30
7.1.1	Leiterplatte BasisPCB	31
7.1.2	Leiterplatte SupplyPCB.....	33
7.1.3	Leiterplatte LightPCB	36
7.1.4	Leiterplatte WristPCB.....	40
7.2	Software	42
7.2.1	Verwendete Programme und Hardware.....	42
7.2.2	Konfiguration des Bluetoothmoduls.....	45
7.2.3	Funktionelle Beschreibung	46
7.3	Materialkosten	47

Inhaltsverzeichnis

7.3.1	Basissegment.....	47
7.3.2	Sensorsegment	47
8	Test Spezifikation	48
8.1	Testgruppe Versorgung	48
8.1.1	Testfall Überspannung	48
8.1.2	Testfall Belastbarkeit.....	49
8.1.3	Testfall Welligkeit.....	50
8.1.4	Testfall Temperaturkurve	51
9	Betriebsanleitung.....	53
9.1	Inbetriebnahme.....	53
9.2	Statusausgabe WristPCB.....	54
10	Anhang.....	55
10.1	Fertigungsunterlagen.....	55
10.1.1	Leiterplattenfertigung	55
	Teileliste	62
10.2	Konstruktionspläne	63
10.3	Programm Code.....	73
10.3.1	Ansteuerung des Displays	73
10.3.2	Ansteuerung der LEDs.....	73
10.3.3	Ansteuerung der RTC	74
10.3.4	Methode zur Leichtschlafphasenerkennung	75
10.4	Zeitübersicht der Schüler.....	76
11	Abbildungsverzeichnis	77
12	Quellen	79

3 Pflichtenheft

3.1 Zielbestimmung

Ziel dieses Projektes ist es einen Wecker zu kreieren, welcher zwei innovative Konzepte für Wecker in einem äußerst kompakten und ansehnlichen Gehäuse vereint.

Bei dem ersten Konzept handelt es sich um das Wecken des Anwenders primär mit Licht, um ein möglichst natürliches und

langsames Aufwachen zu bewerkstelligen.

Ziel des zweiten Konzepts ist es, zu versuchen, den Anwender während einer Leichtschlafphase zu wecken, welche während des Schlafs mehrmals in zyklischen Rhythmen auftreten, da in solch einer Phase das Aufwachen für den Anwender angenehmer ist.

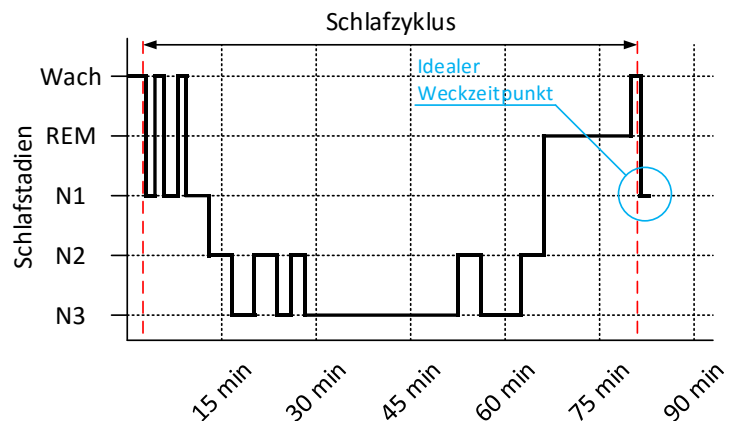


Abb. 3-1: Hypnogramm eines durchschnittlichen Menschen

3.1.1 Musskriterien

Die Musskriterien lauten wie folgt:

- Natürliches aufwecken des Anwenders durch Simulation eines Sonnenaufgangs mithilfe von RGB – LEDs.
- Sanftes wecken des Anwenders durch ermitteln von Leichtschlafphasen über bestimmte Bewegungsmuster.
- Erkennen der Bewegungsmuster mithilfe eines Beschleunigungsmessers.
- Variables, wählbares Zeitfenster in welchem geweckt werden soll.
- Anzeige der Uhrzeit, Menüs und anderen Informationen über ein OLED Display.
- Aufteilung der Funktionen in zwei einzelne Einheiten.
- Interne Kommunikation der Einheiten über eine drahtlose Funkverbindung.

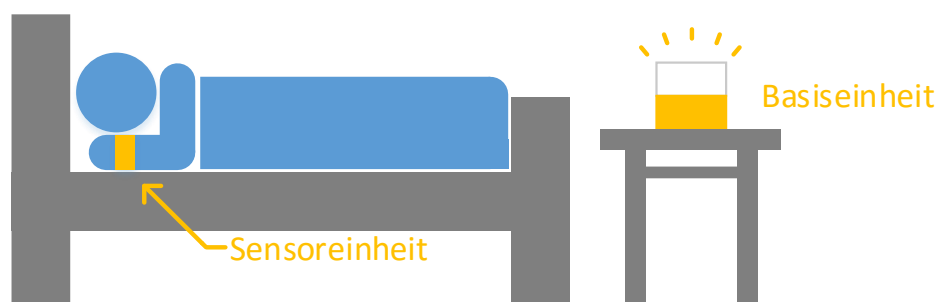


Abb. 3-2: Illustrative Anwendungsdarstellung der beiden Einheiten

4 Projektplan

4.1 Projekt Zeitplan

Zeitplan Primae Lucis	September	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar	März
Planung		1					
Schaltungsentwurf	KA						
Softwareentwurf	A, KA						
Layoutentwurf	K						
Gehäuseentwurf	K						
Realisierung					2		
Bestückung Leiterplatten		K					
Herstellung Gehäuse			K				
Programmierung				A, KA			
Test						3	
Messungen Hardware					K		
Test Einzelfunktionen					A		
Test Gesamtfunktion						A, KA	
Etwaige Fehlerbehebung							A, K, KA

Kürzel:

Mustafa Algan: "A"

Geoffrey Kainz: "K"

Philip Kalkbrenner: "KA"

Meilensteine:

1 Fertigstellung Planungsphase: 15.10.2015

2 Fertigstellung Realisierungsphase: 28.01.2016

3 Fertigstellung Testphase: 25.02.2016

4.2 Arbeitsplan

4.2.1 Pflichtenheft

Name	Tätigkeit / Verantwortung
KAINZ Geoffrey	Autor
KALKBRENNER Philip	Autor, Hauptverantwortlich
ALGAN Mustafa	Autor

4.2.2 Systementwicklung

Name	Tätigkeit / Verantwortung
KAINZ Geoffrey	Dokumentation, Layoutentwurf, Gehäuseentwurf und Herstellung, Bestückung, Hardware Messungen;
KALKBRENNER Philip	Hauptverantwortlich, Schaltungsentwurf, Softwareentwurf, Programmierung, Gesamtfunktion Tests;
ALGAN Mustafa	Softwareentwurf, Programmierung, Einzelfunktions Tests, Gesamtfunktion Tests;

5 Umfeldanalyse

5.1 Drahtlose Segmentverbindung

Um eine drahtlose Verbindung zwischen dem Basissegment und dem Sensorsegment herstellen zu können, wird ein fertiges Funkmodul verwendet. Durch die Verwendung eines vorgefertigten Moduls kann eine empfindliche Fehlerquelle ausgeschlossen, und somit Zeit beim Schaltungsentwurf und einer etwaigen Fehlersuche gespart werden. Die Wahl fiel auf ein Bluetooth Funkmodul da zum einen das Sensorsegment sich nur unwesentlich weit von dem Hauptsegment entfernen wird, und somit nur geringe Reichweiten notwendig sind, und zum anderen keine hohen Datenraten benötigt werden. Diese Kriterien schließen die Verwendung eines WLAN- oder 433MHz – Funkmoduls aus.

5.1.1 Auswahlkriterien

- Verfügbarkeit
- Kosten
- Ausreichende Dokumentation & Anwendungsbeispiele
- Simple Anwendung

5.1.2 Bluetooth V2.1 Modul BC-04

Basierend auf den BlueCore4-Ext Chip, von der britischen Firma CSR welche im Jahr 2014 von Qualcomm aufgekauft wurde, erfreut sich das als BC-04 bezeichnete Bluetooth Modul besonders bei privaten Anwendern sowie in einer Vielzahl von Hobby – Communities großer Beliebtheit. Das Modul entspricht dem Bluetooth Standard „2.1 + EDR (Enhanced Data Rate)“. Die Abmessungen betragen 27 x 13 x 2 mm (l x b x h).



Abb. 5-1: BC04 Modul

5.1.2.1 Verfügbarkeit & Kosten

Das Modul war zum Zeitpunkt der Entscheidung sehr leicht verfügbar, und ist nach wie vor bei einer Vielzahl an HändlerIn sowie auf Plattformen wie „eBay“ & „aliexpress“ für einen Preis von etwa 4,00€ pro Modul erhältlich.

5.1.2.2 Dokumentation

Das Datenblatt beschreibt das Modul nicht inhaltlich sondern geht nur auf Eckdaten und Verwendung des Moduls und deren AT – Commands ein. Online lässt sich eine Vielzahl von Beispielen mit dem Modul finden, was die erstmalige Verwendung erheblich erleichtert.

5.1.2.3 Anwendung

Das Modul lässt sich über die UART Schnittstelle äußerst einfach mit sogenannten „AT-Commands“ konfigurieren. Sobald es sich mit dem gewünschten Gerät verbunden hat fungiert es als UART – Bridge. Zur Versorgung wird eine Spannung von 3,3V benötigt.

5.1.3 Bluetooth V4.0 Modul HM-11

Das Funkmodul HM-11 basiert auf den CC2541 Chip von Texas Instruments und wird häufig in den Bluetooth Versionen der XBEE Module verwendet. Das Bluetooth Modul entspricht dem Standard „4.1 LE (Low Energy)“ welches einen erheblichen geringeren Energiebedarf hat als die vorhergehenden Versionen. Die Abmessungen betragen 13.5mm x 18.5mm x 2.3mm (l x b x h).

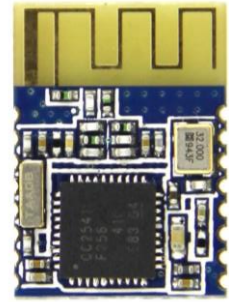


Abb. 5-2: HM-11 Modul

5.1.3.1 Verfügbarkeit & Kosten

Das Modul war zum Zeitpunkt der Entscheidung ohne dem XBEE Modul nur schwer erhältlich. Nun ist es über „seedstudio“ oder „eBay“ ab etwa 9,00€ zuzüglich Versand erhältlich.

5.1.3.2 Dokumentation

Das Datenblatt geht auch hier nicht in Detail auf das Modul ein sondern beschreibt lediglich die Eckdaten, gibt jedoch auch Programmbeispiele zum konfigurieren des Moduls an. Die allgemeine Verbreitung des Moduls ist jedoch noch immer recht gering, weswegen man Online kaum auf Hilfestellungen trifft.

5.1.3.3 Anwendung

Bei der Anwendung des Moduls HM-11 verhält es sich ähnlich wie bei dem Modul BC-04: Es lässt sich ebenso einfach über „AT-Commands“ per UART konfigurieren und stellt nach dem Verbindungsaufbau eine logische UART Schnittstelle zwischen dem Mikrocontrollern da. Auch hier wird eine Spannung von 3,3V für die Versorgung des Moduls benötigt.

5.1.4 Entscheidung

Da das Sensorsegment möglichst kompakt sein muss und Akkumulatorbetrieben ist, würde prinzipiell das HM-11 Modul eher unseren Kriterien entsprechen. Zum Zeitpunkt der Entscheidung war dieses Modul jedoch einzeln praktisch nicht erhältlich, weswegen wir uns für das BC-04 Modul entscheiden mussten.

5.2 Anzeige

Um Uhrzeit, Weckzeit, Datum oder andere Daten darzustellen, entschieden wir uns für ein Display welche Pixelweise angesteuert werden kann, um somit flexibler bei der Gestaltung der Anzeige sein zu können. Da klassische TFT Displays über eine Hintergrundbeleuchtung verfügen, welche besonders bei geringer Umgebungshelligkeit selbst in dunkleren Gebieten störend durchleuchten kann, kam in unserem Fall nur ein Display auf Basis der VFD oder OLED Technik in Frage. Die Abkürzung VFD steht für Vakuum Fluoreszenz Display und beschreibt Anzeigen bei denen die einzelnen Pixel jeweils eine Elektronenröhre darstellen, in welcher Phosphor zum Leuchten angeregt wird. Da solche Displays nur zu hohen Preisen und zudem, durch die zugrunde liegende Technik, nur in blau erhältlich sind, fiel die Wahl zu guter Letzt auf ein OLED Display von Newheaven Displays.

5.2.1 Auswahlkriterien

- Verfügbarkeit
- Kosten
- Simple Anwendung

5.2.2 NHD-3.12-25664UCY2

Das NHD-3.12-25664UCY2 von Newheaven Displays ist ein monochromes, gelbes OLED Display – Modul mit einer Diagonale von 3,12 Zoll und einer Auflösung von 256 x 64 Pixel. Displays auf Basis von OLEDs (Organic Light Emitting Diode) verfügen über eine eigene Leuchtdiode für jeden einzelnen Pixel. Eine Hintergrundbeleuchtung wie Sie bei LCDs erforderlich ist wird in diesem Fall daher nicht benötigt, wodurch schwarze Gebiete von dem OLED Display tatsächlich dunkel dargestellt werden.

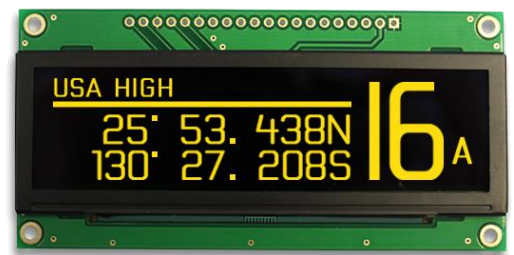


Abb. 5-3: NHD-3.12-25664UCY2

5.2.2.1 Verfügbarkeit & Kosten

Das Display ist über Mouser und direkt über Newheaven Displays für etwa 30€ erhältlich.

5.2.2.2 Anwendung

Das NHD-3.12-25664UCY2 benötigt eine Versorgungsspannung von 3,3V und lässt sich entweder über die Parallele oder der SPI Schnittstelle ansteuern. Durch die Verwendung der gut dokumentierten Bibliothek *u8glib* ist es möglich mit geringen Aufwand verschiedenste Schriftzüge, Menüs und Formen zu gestalten was die Anwendung erheblich erleichtert.

5.3 Bereitstellung der Versorgung

Da aufgrund des Displays und der Funkmodule eine Spannung von 3,3V benötigt wird, der Mikrocontroller und diverse andere Bauteile allerdings 5V benötigen um Ihr ganzes Potential nutzbar zu machen, konnte kein simples externes Netzteil für die Versorgung zuständig sein. Daher entschieden wir uns dafür, eine eigene Platine für die Versorgung zu entwerfen. Um das Schaltungsdesign kompakt und simpel zu halten suchen wir nach einem integrierten Step – Down Regler welcher über zwei Ausgänge in einem Package verfügt. Des Weiteren wollten wir keinen Regler mit einer integrierten Induktivität verwenden da solche Regler wesentlich teurer sind und die integrierten Induktivitäten nicht die Qualität von externen Spulen erreichen.

5.3.1 Auswahlkriterien

- Verfügbarkeit
- Kosten
- Maximale Leistung

5.3.2 Dual Step – Down Regler TPS54386

Der Dual Step – Down Regler TPS54386 von Texas Instruments im HTSSOP14 Package schaltet mit einer Frequenz von 600kHz und verfügt über einen fixierten *Softstart* welcher Stromspitzen beim Einschalten verhindern soll. Die Spannungspegel der Ausgänge lassen sich über zwei externe Spannungsteiler festlegen.

5.3.2.1 Verfügbarkeit & Kosten

Der TPS54386 ist für etwa 5€ das Stück bei Mouser und für rund 9€ das Stück bei Conrad erhältlich. Zudem ist es möglich den Step – Down Regler über das Sample Programm von Texas Instruments kostenfrei zu beziehen.

5.3.2.2 Maximale Leistung

Die beiden Ausgänge lassen sich jeweils mit maximal 3A dauerhaft belasten. Der maximale Spitzenstrom liegt bei 4,5A bevor entweder der Überstrom- oder Temperaturschutz den Step – Down Regler abschaltet.

5.3.3 Dual Step – Down Regler MAX1775

Der Dual Step – Down Regler MAX1775 von Maxim Integrated im QSOP16 Package schaltet mit einer Frequenz von 1250kHz und ermöglicht aufgrund der höheren Frequenz die Verwendung von kleineren Induktivitäten. Er verfügt über einen einstellbaren *Softstart* und die Ausgangspegel sind vordefiniert. Wie auch bei dem TPS54386 lassen Sie sich allerdings auch in diesem Fall über einen Spannungsteiler die Ausgangspegel auf einem selbst definierten Wert festlegen.

5.3.3.1 Verfügbarkeit & Kosten

Der MAX1775 ist für etwa 8€ das Stück bei Mouser und für rund 17€ das Stück bei Conrad erhältlich.

5.3.3.2 Maximale Leistung

Die beiden Ausgänge lassen sich mit jeweils maximal 2A dauerhaft belasten.

5.3.4 Entscheidung

Aufgrund des erheblich geringeren Preises und des deutlich höheren maximalen Ausgangsstroms des TPS54386 fiel die Wahl auf den Step – Down Regler von Texas Instruments.

6 Systemspezifikation

6.1 Systemüberblick

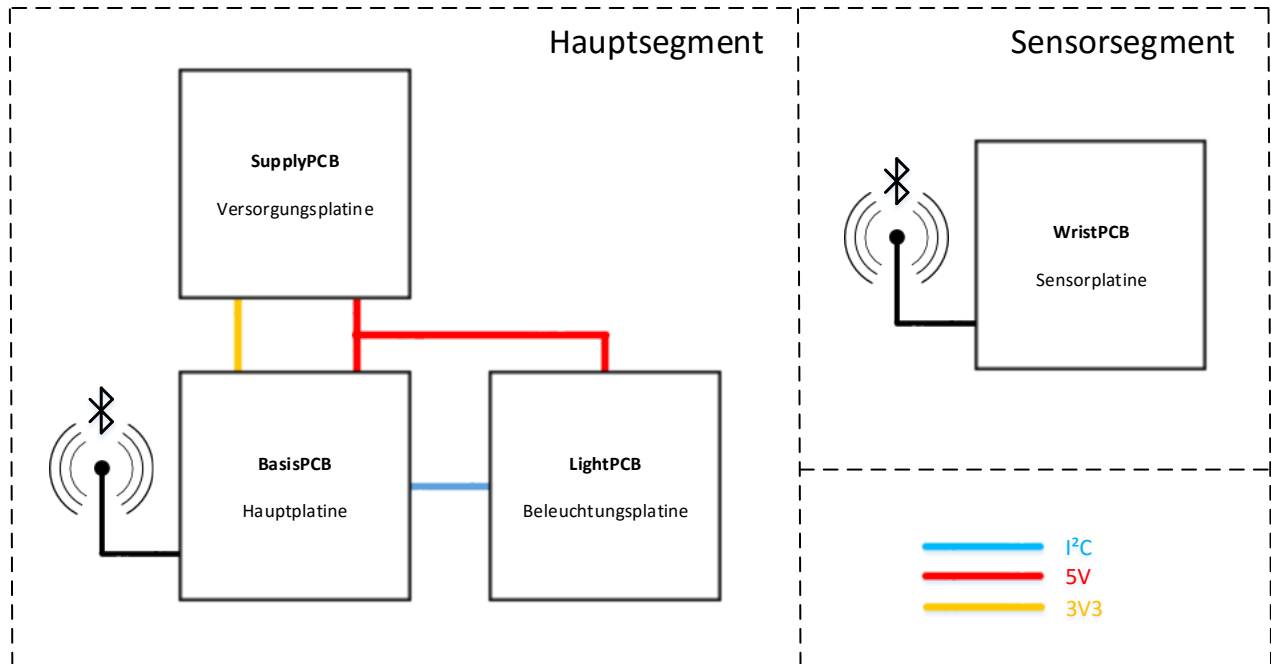


Abb. 6-1: Blockschaltbild Systemüberblick

6.1.1 Funktionalität der Baugruppen

6.1.1.1 Baugruppe I - Hauptsegment

SupplyPCB

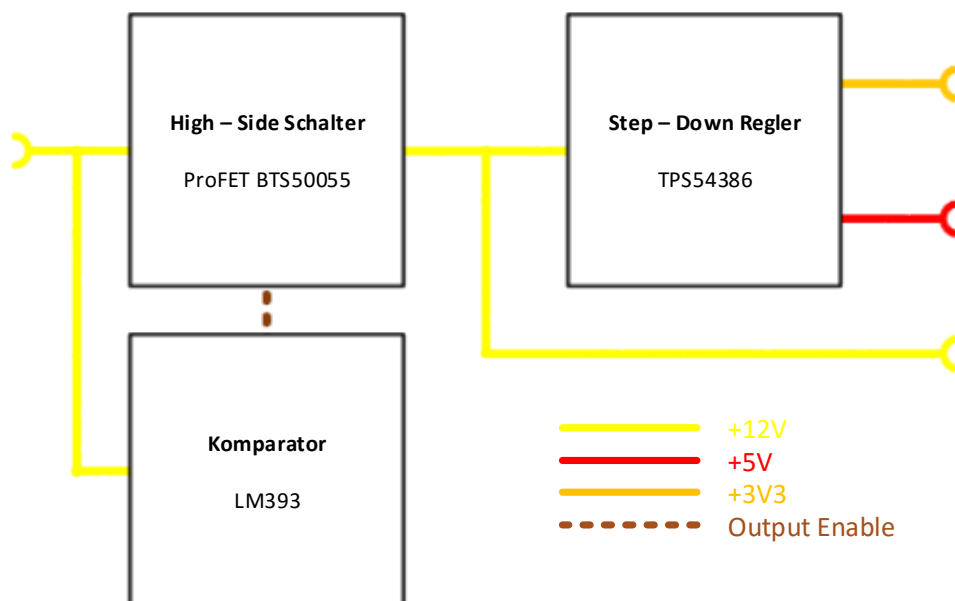


Abb. 6-2: Blockschaltbild SupplyPCB

Systemspezifikation

Diese Platine, welche selbst über ein externes 12V Schaltnetzteil versorgt werden muss, ist für die Versorgung zuständig, und stellt 12V, 5V und 3,3V bereit. Die verschiedenen Spannungspegel sowie 2 Masseleitungen werden drei Mal über einrastende Stifleistenverbinder von JST (Abb. 8-3) herausgeführt, um Sie auf die einzelnen Platinen führen zu können.

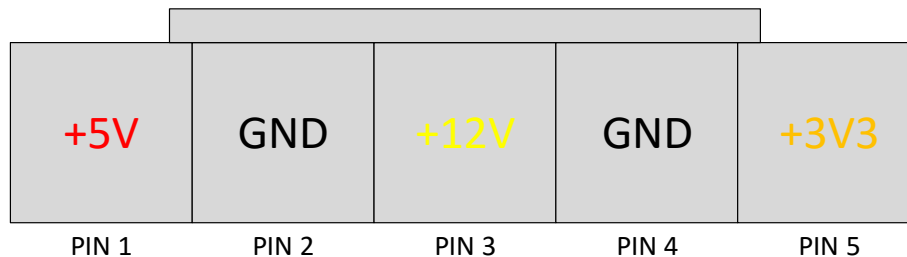


Abb. 6-3: Pinbelegung Versorgungsstecker

Da der 12V Output direkt der Versorgungsspannung der Platine entspricht wird eine Komparatorschaltung verwendet um die Spannungsversorgung ab 15V mithilfe eines High – Side Schalter von Infineon zu unterbrechen, und somit etwaige Schäden an den Schaltkreisen zu vermeiden.

Zur Erzeugung der 5V und 3,3V Spannungen wird ein Step – Down Regler von Texas Instruments verwendet. Jener verfügt über zwei voneinander unabhängige Ausgänge, welche jeweils einen maximalen Strom von 3A bereitstellen können. Obgleich der Step – Down Regler bis mit zu 24V betrieben werden kann, erfolgt auch dessen Versorgung durch die 12V „hinter“ dem Überspannungsschutz.

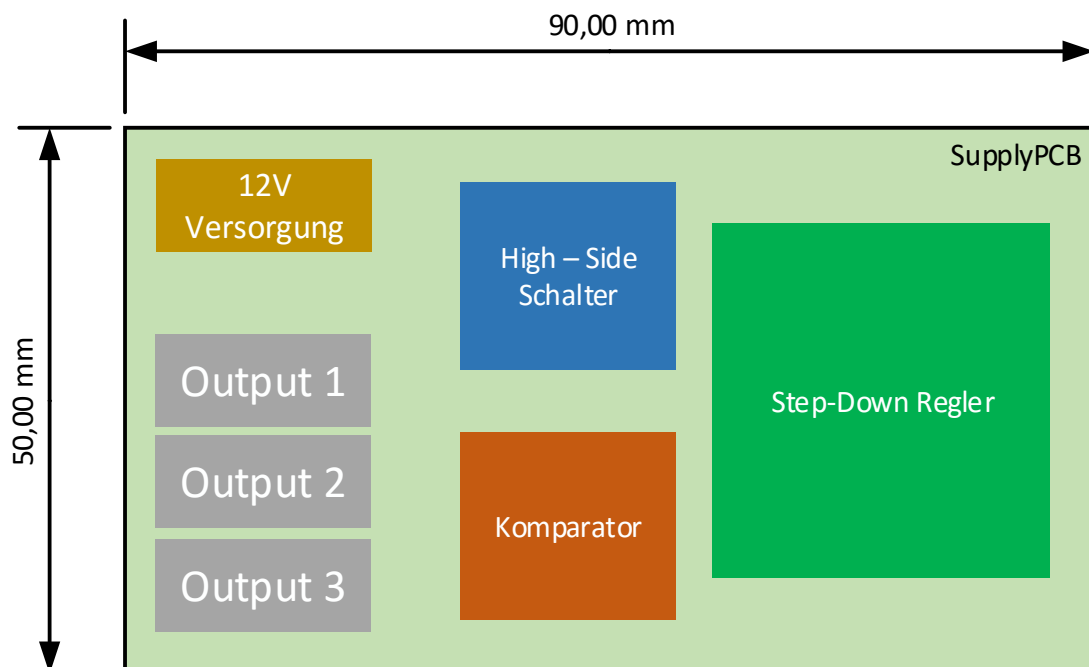


Abb. 6-4: Funktionale Aufteilung Top

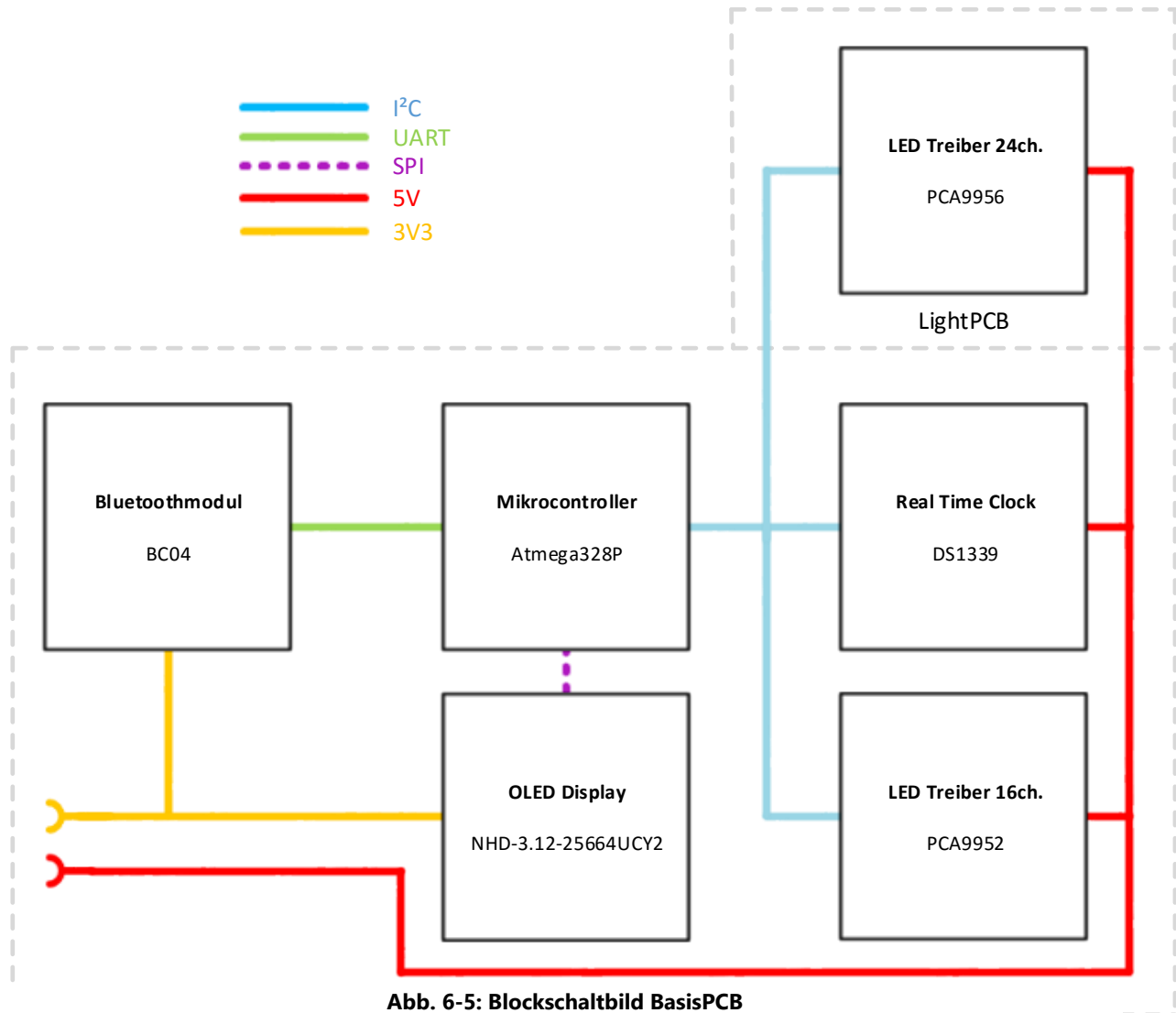


Abb. 6-5: Blockschaltbild BasisPCB

BasisPCB

Die Platine BasisPCB stellt, wie aus dem Namen bereits hervorgeht, die Basis des Projekts da und verfügt über einen Atmega328P im TQFP Package welcher zuständig für diverse Aufgaben parallel über mehrere Schnittstellen ist.

So wird über die I²C Schnittstelle die Hintergrundbeleuchtung der transparenten Silikontasten mithilfe eines 16 Kanal LED – Treibers von NXP (PCA9952) kontrolliert. Des Weiteren befindet sich, zur präzisen Erhaltung der Uhrzeit, ein Goldcap gepufferter RTC von Maxim Integrated (DS1339) auf dem I²C Bus, sowie eine Verbindung zu den Platinenkonstrukt LightPCB für die dort vorhandenen 24 Kanal LED – Treiber von NXP (PCA9956). Über die SPI Schnittstelle des Mikrocontrollers wird das OLED Display mit 256x64 Pixeln Auflösung von NHD (NHD-3.12-25664UCY2) verwendet welches über einen 1x20 Pinheader mit dem Basisboard verbunden wird.

Für die Kommunikation zwischen der Basis und Sensorsegment kommt das Bluetooth 2.1 BC04 zum Einsatz welches als UART Brücke fungiert. Das BasisPCB ist weiterhin für die Eingaben zuständig. So besteht die Möglichkeit über 8 Tasten Eingaben für etwaige Konfigurationen zu tätigen sowie eine längliche Touch – Taste welche durch einen

Systemspezifikation

Näherungssensor von Microchip (MTCH101) umgesetzt wird und als *Snooze/Off* – Taste gedacht ist.

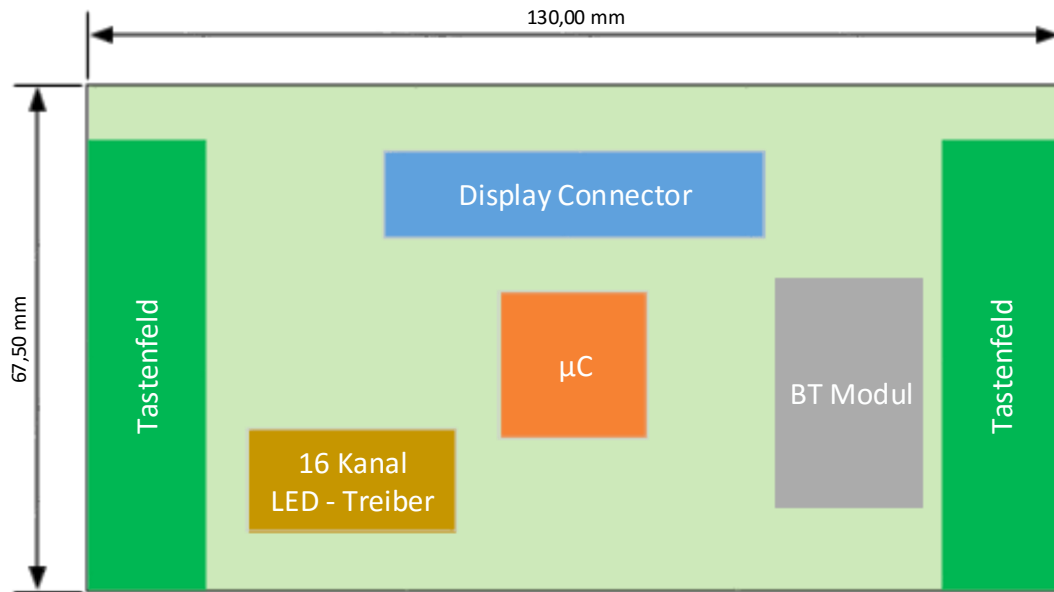


Abb. 6-6: Funktionale Aufteilung Top

Die in Abbildung 8-6 gezeigten Tastenfelder stellen eigene Platinen da welche jeweils über vier Kontaktflächen verfügen. In jeder dieser Kontaktflächen befindet sich zentriert eine LED als Hintergrundbeleuchtung für die transparenten Silikontasten die auf den Tastenfelder liegen und mithilfe eines leitenden Schaumstoffes auf der Unterseite der Taste den Kontakt bei Druck wie ein gewöhnlicher Taster schließt. Die Platinen der Tastenfelder sind durch Pinheader von dem BasisPCB abgesetzt um ein leichtes überstehen der Silikontasten über den Gehäuserand, und somit ein befriedigendes Feedback zu gewährleisten.

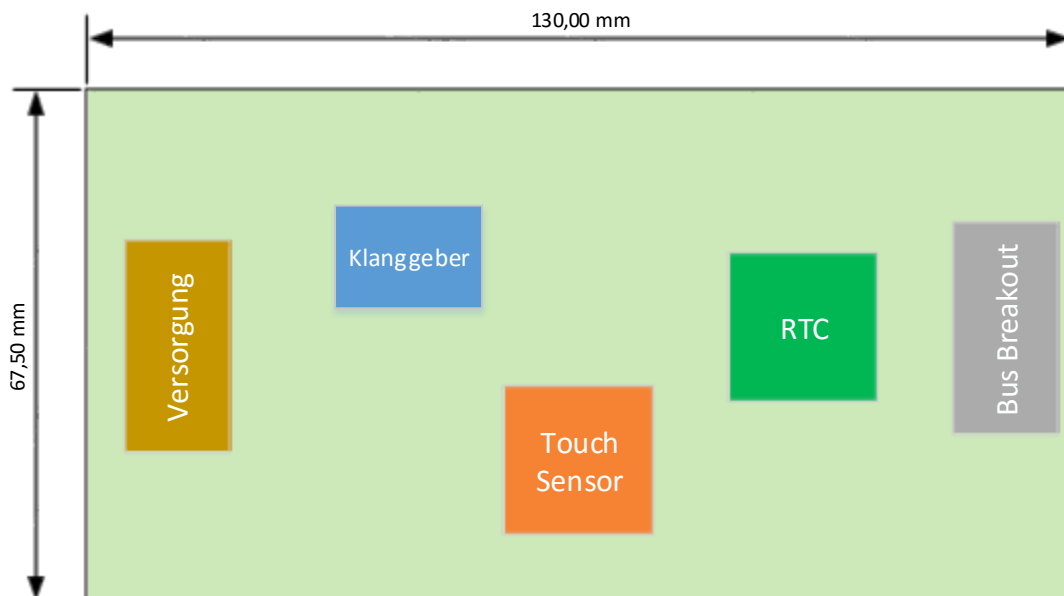


Abb. 6-7: Funktionale Aufteilung gespiegelt Bottom

LightPCB

Diese Platine besteht aus 4 weiteren nahezu identischen dreieckigen Platinen welche mithilfe von Ausfräsungen an den Kanten zu einem Pyramidenförmigen Puzzlekonstrukt zusammengefügt werden. Dieses Konstrukt ist zuständig für die Erzeugung der Lichtspiele. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Teilen werden mithilfe von bis an den Rand geführten Leiterflächen realisiert die untereinander verlötet werden. Auf jeden der 4 Platinen befindet sich ein 24 Kanal LED – Treiber von NXP (PCA9956) welcher über die I²C Schnittstelle angesprochen wird und jeweils 8 RGB LEDs im PLCC6 Package kontrolliert die sich ebenso wiederum auf jeder dieser Platinen befindet.

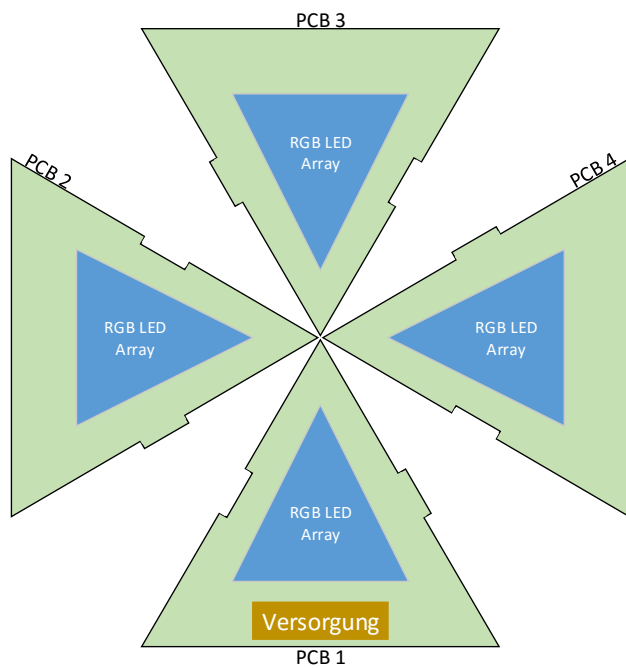


Abb. 6-8: Funktionale Aufteilung Top

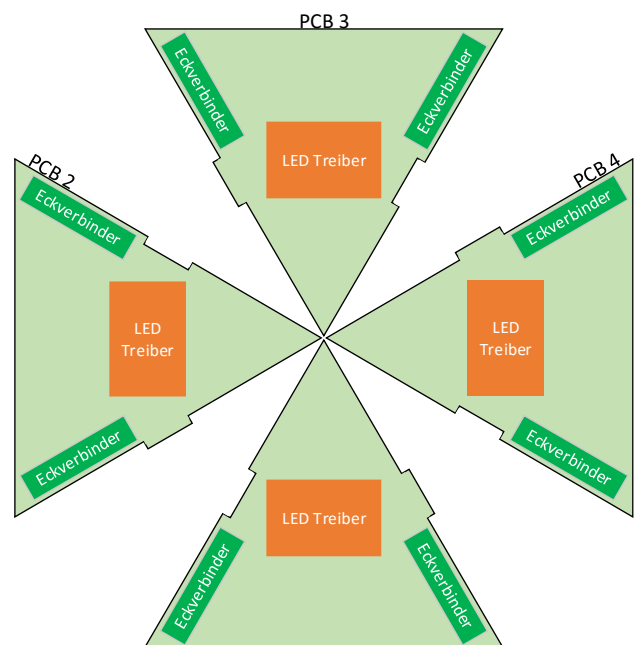


Abb. 6-9: Funktionale Aufteilung gespiegelt Bottom

6.1.1.2 Baugruppe II - Sensorsegment

WristPCB

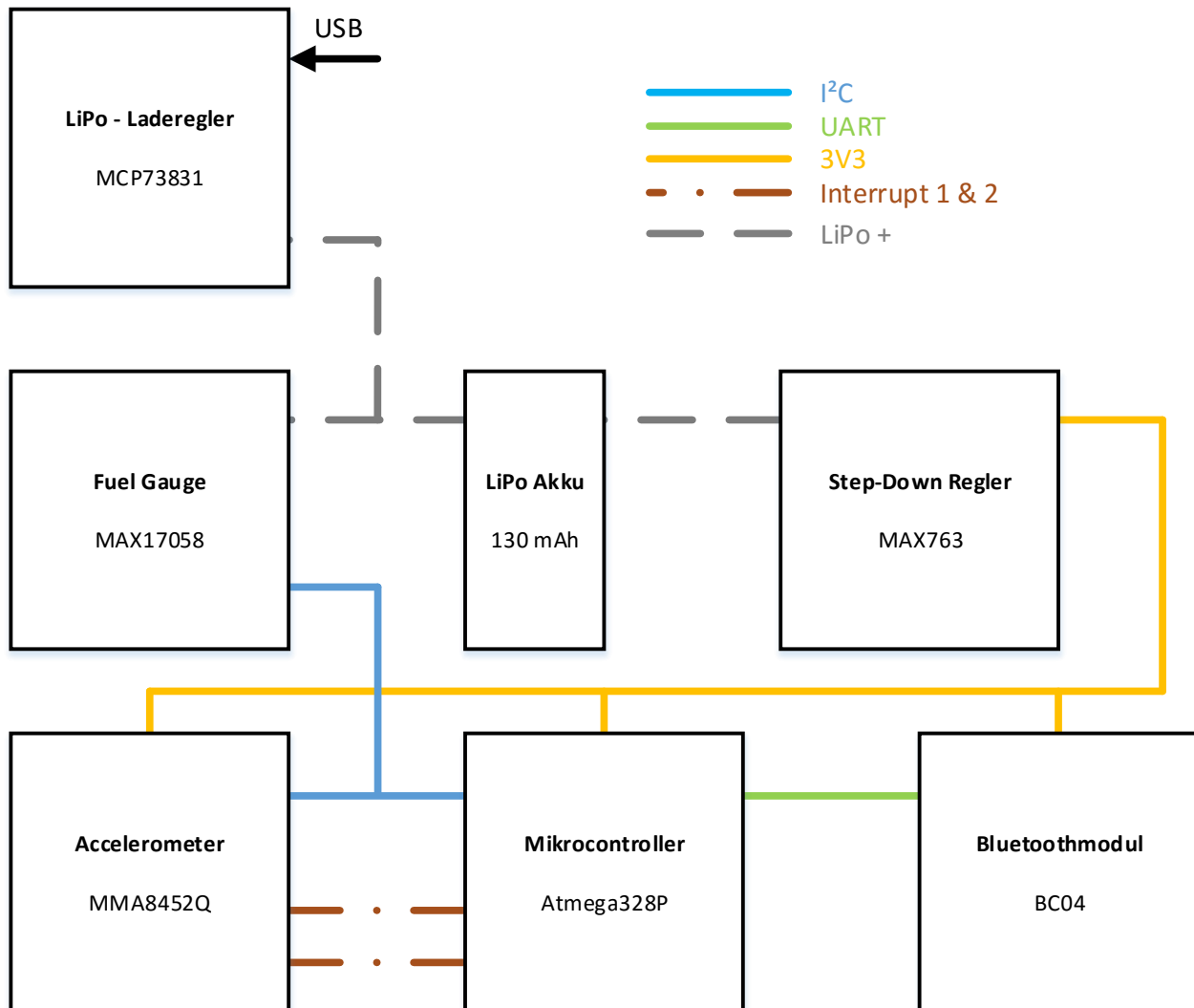


Abb. 6-10: Blockschaltbild WristPCB

Das WristPCB stellt für sich selbst die Sensorsegment da, und wird am Handgelenk des Anwenders befestigt um eine Leichtschlafphase erkennen zu können.

Dies wird mithilfe eines 3-Achsen Beschleunigungssensors von NXP (MMA845XQ Serie) bewerkstelligt (in Abbildung 8-9 mit GS gekürzt), indem Bewegungen welche in einem typischen Schlafrhythmus während den sich zyklisch wiederholenden Leichtschlafphasen auftreten, erkannt werden.

Die Auswertung der Beschleunigungsdaten erfolgt durch den Mikrocontroller *Atmega328P* im TQFP Package.

Die Kommunikation und Übertragung diverser Zustände und Befehle zwischen dem Sensorsegment und dem Basissegment erfolgt wie auch bei der Platine BasisPCB über das Bluetoothmodul *BC04*.

Die Versorgung der Komponenten erfolgt über einen Lithium-Ionen Akkumulator mit einer Nennkapazität von 130mAh welcher über eine μ USB Buchse, und somit mit einem konventionellen Handyladegerät, aufgeladen werden kann. Für den Ladevorgang des Akkumulators ist ein linearer Laderegler von Microchip (MCP73831) zuständig.

Um die Spannung der Lithium Zelle auf ein für alle Bauteile verträgliches Niveau von 3,3V zu bringen wird ein Step-Down Regler von Maxim Integrated (MAX763AESA) verwendet. Zwar verfügt der Step-Down Regler über eine Abschaltung bei einem Eingangspotential von etwa 3V was theoretisch mit der Entladeschlussspannung des Lithium Akkumulators übereinstimmt, jedoch ist ein wiederholtes Tiefentladen auf eine Zellspannung von 3V nicht förderlich für die Lebensdauer der Zelle.

Daher wird zur Überwachung der Zelle ein sogenannter „FuelGauge IC“ von Maxim Integrated (MAX17058) verwendet (in Abbildung 8-11 mit FG gekürzt) welcher die der Lithium Zelle überwacht und den Mikrocontroller über die I²C Schnittstelle bereitstellt.

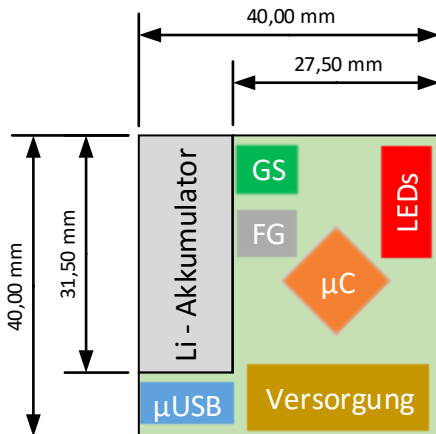


Abb. 6-11: Funktionale Aufteilung Top

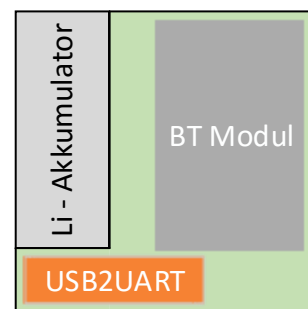


Abb. 6-12: Funktionale Aufteilung gespiegelt Bottom

Wie aus Abbildung 8-11 sowie 8-12 deutlich hervorgeht, ist die Bauteildichte auf dem WristPCB äußerst hoch. Daher wurde in diesem Fall auf einen konventionellen ISP Stecker zur Programmierung des Mikrocontrollers verzichtet, und stattdessen, in Kombination eines USB zu UART Umsetzers von FTDI (FT232RL), die ohnehin für die Aufladung des Akkumulators notwendige µUSB Buchse für diesen Zweck verwendet.

6.1.2 Detaillierte Bauteilbeschreibung

6.1.2.1 Bauteilgruppe I – Hauptsegment

BasisPCB

- **Mikrocontroller Atmega328P:**

Der RISC (Reduced Instruction Set Computer) 8-Bit Mikrocontroller Atmega328P von Atmel verfügt über 32kB Flashspeicher, 1kB E²PROM, 2kB SRAM, 23 IO Pins, einen 10-Bit ADC, einen internen Oszillator sowie eine USART, eine SPI und eine I²C Schnittstelle. Über einen externen Oszillator kann der Mikrocontroller mit bis zu 20MHz betrieben werden. Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten muss der Atmega328P in diesem Fall mit mindestens 4,5V versorgt werden. Unabhängig von der Frequenz läuft der Mikrocontroller mit einer Versorgungsspannung im Bereich von 1,8V und 5,5V.

- **Real Time Clock (RTC) DS1339:**

Zur Erhaltung der Uhrzeit, mit höchstmöglicher Präzision ohne auf eine externe Synchronisationsquelle zugreifen zu müssen, wird die RTC (Real Time Clock) DS1339 von Maxim Integrated verwendet. Über den I²C-Bus kann Sie mit bis zu 400kHz angesprochen werden was dem Modus FM (Fast Mode) entspricht. Der DS1339 verfügt über Register für Sekunden, Minuten, Stunden, Wochentag, Tag, Monat und Jahr. Des Weiteren besteht die Möglichkeit zwei Alarime zu setzen welche über einen Interrupt durch die RTC ausgegeben werden. Um auch im Falle einer Unterbrechung der Stromversorgung die Uhrzeit nicht wieder neu einstellen zu müssen, kann der DS1339 automatisch auf eine externe Bufferversorgung in Form einer Knopfzelle oder Superkapazität zurückgreifen. In diesem Zustand verfügt die RTC lediglich über eine eingeschränkte Funktionalität, benötigt allerdings nur wenige hundert nA Strom was lange Erhaltungszeiten ermöglicht.

- **Konstantstrom LED Treiber PCA9952:**

Bei dem Bauteil PCA9952 von NXP handelt es sich um einen I²C-Bus gesteuerten 16 Kanal Konstantstrom LED Treiber im HTSSOP28 Package. Der Treiber kann über die I²C Schnittstelle mit dem Standard Fast Mode+ (FM+) angesprochen werden, dies entspricht einer Taktfrequenz von 1MHz. Jeder der Kanäle verfügt über eine Auflösung von 8Bit, für die Steuerung des PWM – Tastverhältnisses und des Ausgangsstroms, und kann maximal 57mA bei einer Ausgangsspannung von 20V bereitstellen.

Der maximale Ausgangsstrom wird durch einen externen Widerstand festgelegt. Durch drei Hardwarepins können die LSB der Slave Adresse verändert werden wodurch es möglich ist bis zu 8 Treiber des selbem Typs auf dem gleichen I²C-Bus zu betreiben.

- **Bidirektionaler Pegelwandler TXB0102:**

Bei dem TXB0102 handelt es sich um einen simplen bidirektionalen Pegelwandler von Texas Instruments im SOIC8 Package welcher über 2 Kanäle verfügt und mit einer Leitungskapazität von bis zu 30pF arbeiten kann.

Die Pegel, welche konvertiert werden können, befinden sich auf der Port A Seite im

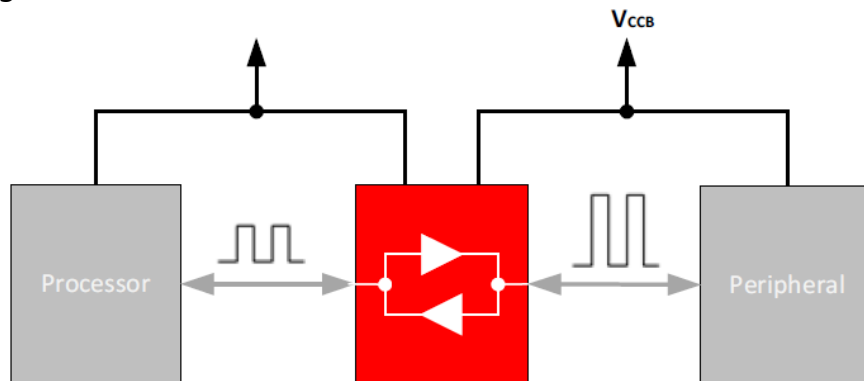


Abb. 6-13: Funktionsprinzip Pegelwandler

Bereich von 1,2V und 3,6V und zwischen 1,65V und 5,5V auf der Port B Seite.
(Siehe Abbildung 8-13)

- **Berührungssensor MTCH101:**

Der MTCH101 ist ein kapazitiver Berührungssensor von Microchip im SOT23-5 Package welcher über einen Kanal verfügt. Der Sensor legt ein Rechtecksignal auf seinen Eingang und misst mithilfe eines Analog-Digital Converters die Länge der fallenden Flanke welche durch die Kapazität auf der entsprechenden Leitung beeinflusst wird.

Die Empfindlichkeit des Sensors kann extern mithilfe eines Widerstands fixiert werden, oder alternativ durch ein Potentiometer variabel angepasst werden.

Das in der folgenden Abbildung (8.14) sichtbare „Proximity Sensor“ Feld beschreibt eine leitende Fläche wie beispielsweise die Kupferfläche einer Leiterplatte. Die Größe der Fläche beeinflusst die Empfindlichkeit des Sensors, je größer die Fläche desto höher ist die Empfindlichkeit.

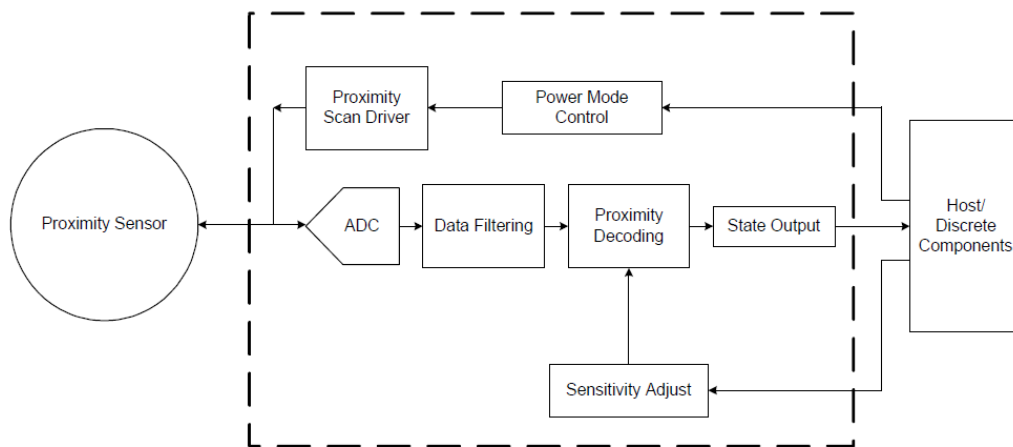


Abb. 6-14: Funktionsdiagramm Berührungssensor MTCH101

SupplyPCB

- **Smart Highside Switch BTS50055:**

Als Schalter, welcher im Falle einer Überspannung die Versorgung unterbrechen soll, wird der BTS50055 High Side Schalter von Infineon verwendet.

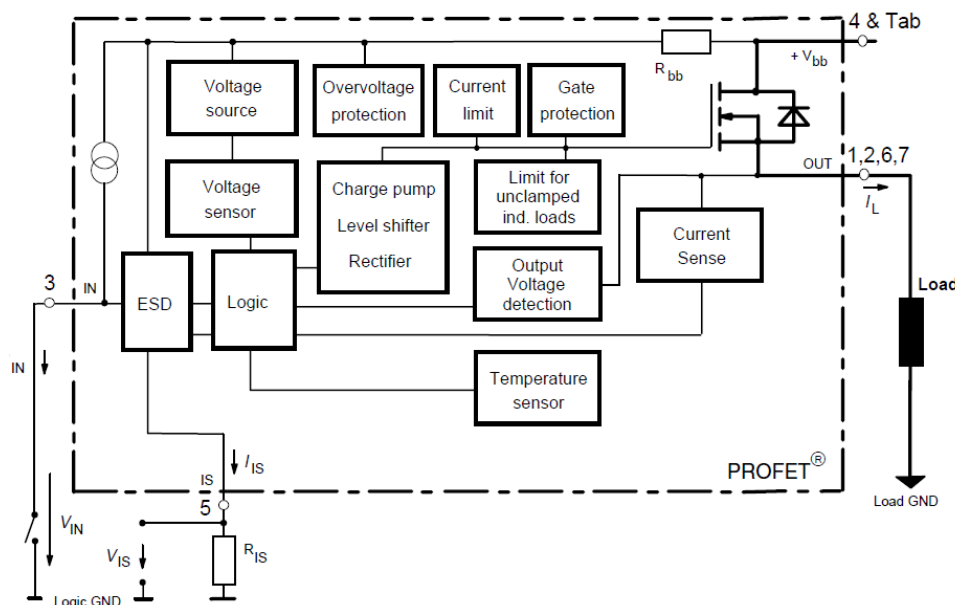


Abb. 6-15: Funktionsdiagramm High – Side Schalter BTS50055

Systemspezifikation

Das Bauteil ist Teil der „PROFET“ Serie von Infineon, welche in erster Linie für Verwendungszwecke im KFZ-Bereich gedacht, und daher äußerst robust ist. Wie in der oben stehenden Abbildung (8-13) zu erkennen ist, besteht der BTS50055 im wesentlichen aus einem leistungsstarken MOSFET und diversen integrierten Schutzmechanismen welche gegen Überstrom, Kurzschlüsse, Überhitzung, ESD und Verpolung der Eingangsspannung schützen. Des Weiteren besitzt der High – Side Schalter über einen externen Current-Sense Pin über welchen sich der momentan fließende Strom messen lässt. Der BTS50055 kann dauerhaft mit einem Strom von bis zu 17A belasten werden und arbeitet in einem Spannungsbereich von 5V bis 34V.

- **Dual Komparator LM393:**

Der LM393 ist ein Bauteil im SOIC8 Package welches über zwei integrierte, voneinander unabhängige Komparatoren verfügt. Die Komparatoren können wahlweise über eine einzelne Versorgung oder eine Doppelte Versorgung betrieben werden. Der Komparator hat eine maximale Offsetspannung von 5mV bei Raumtemperatur und lässt sich in einem Spannungsbereich von 2V bis 36V betreiben.

- **Dual Step-Down Regler TPS54386:**

Bei dem Bauteil TPS54386 von Texas Instruments handelt es sich um einen sogenannten „Step – Down“ Regler (auch Abwärtswandler) welcher durch periodisches Schalten einer Spannung mithilfe eines Energiespeichers, meist in Form einer Induktivität, ein höheres oder niedrigeres Spannungsniveau erzeugt. Durch Variation des Tastverhältnisses, oder seltener der Schaltfrequenz, können Spannungsschwankungen bei Lastwechsel entgegengewirkt werden, sowie fallweise die Ausgangsspannung als solches verändert werden. Obgleich Schaltregler höhere Ansprüche an das Layoutdesign und die Wahl der externen Komponenten stellen, bieten Sie gegenüber linearen Reglern eine weitaus höhere Effizienz die beinahe unabhängig von der Eingangs- und Ausgangsspannung im Bereich von 80% bis 90% liegen kann.

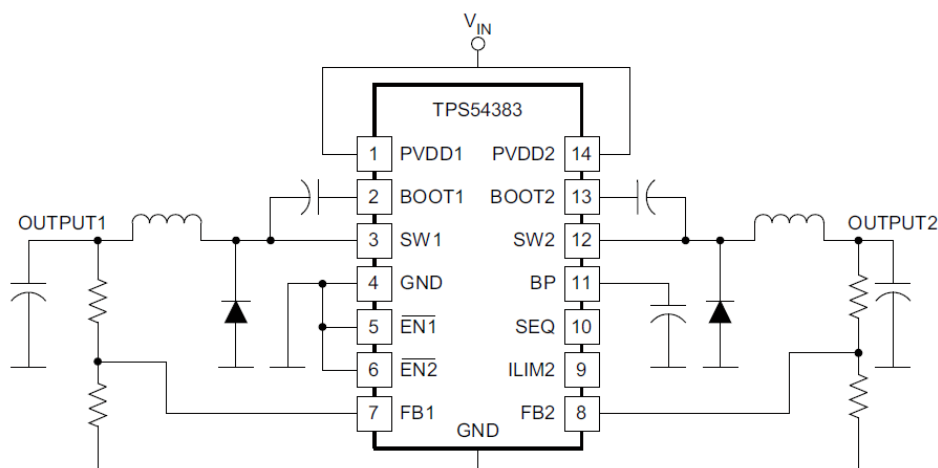


Abb. 6-16: Vereinfachte Prinzipschaltung Dual Step – Down Regler TPS54386

Der Regler im HTSSOP14 Package verfügt über zwei voneinander unabhängige Ausgänge welche jeweils mit einer Schaltfrequenz von 600kHz arbeiten. Über beide Ausgänge kann jeweils ein Strom von bis zu 3A bezogen werden. Die Pegel der Ausgangsspannung können über zwei Spannungsteiler definiert werden müssen jedoch im Bereich von 0,8V und 90% der Eingangsspannung liegen. Als Eingangsspannung benötigt der TPS54386 eine Spannung im Bereich von 4,5V bis 28V.

LightPCB

- **RGB LED PLCC6:**

Bei den verwendeten LEDs handelt es sich um RGB (rot, grün, blau) LEDs welche 3 verschiedene LEDs in einem PLCC6 (umgangssprachlich auch als „5050“ bekannt) Package vereint. Durch verschiedene relative Aussteuerung der LEDs mithilfe von Pulsweitenmodulation (PWM) können theoretisch alle Farben im RGB Farbraum wiedergegeben werden. Die tatsächliche Anzahl der darstellbaren Farben ist lediglich durch die Auflösung des LED Treibers begrenzt.



Abb. 6-17: PLCC6 RGB LED

- **Konstantstrom LED Treiber PCA9956:**

Zur Aussteuerung der LEDs auf dem LightPCB wird der I²C-Bus gesteuerte 24 Kanal Konstantstrom LED Treiber PCA9956 im HTSSOP38 Package verwendet. Der Treiber kann über die I²C Schnittstelle mit dem Standard Fast Mode+ (FM+) angesprochen werden, dies entspricht einer Taktfrequenz von 1MHz. Jeder der Kanäle verfügt über eine Auflösung von 8Bit und kann maximal einen Strom von 57mA bei einer Ausgangsspannung von 20V bereitstellen. Der maximale Ausgangsstrom kann durch einen externen Widerstand festgelegt werden. Durch drei Hardwarepins können die LSB der Slave Adresse verändert werden wodurch es möglich ist bis zu 125 Treiber des selbem Typs auf den gleichen I²C-Bus zu betreiben.

6.1.2.2 Bauteilgruppe II – Sensorsegment

WristPCB

- **Mikrocontroller Atmega328P**

- **USB zu UART Umsetzer FT232R:**

Der FT232R im SSOP28 Package von FTDI Chip ist ein USB zu UART Umsetzer welcher die unkomplizierte Anbindung von Mikrocontrollern ohne integrierte USB Schnittstelle ermöglicht. Der Umsetzer meldet sich bei dem Host PC als seriellen Port an, was ein einfaches Ansprechen des Mikrocontrollers ermöglicht. Der Regler verfügt des Weiteren über einen integrierten Pegelwandler von 5V auf 3,3V oder 1,8V welcher Fallweise verwendet werden kann. Als Versorgungsspannung benötigt der FT232R die üblichen 5V über die USB Schnittstelle.

- **Step-Down Regler MAX763:**

Bei dem MAX763 im SOIC8 Package von Maxim Integrated handelt es sich um einen Step-Down Regler mit einer fixen Ausgangsspannung von 3,3V bei einem Strom von bis zu 500mA. Der Regler arbeitet mit einer Schaltfrequenz von 200kHz und arbeitet mit Eingangsspannungen von 3,3V bis 11V.

- **Fuel Gauge IC MAX17058:**

Der MAX17058 Fuel Gauge IC ist ein Ladestatussensor von Maxim Integrated im TDFN8 Package welcher neben dem Spannungsniveau auch den Ladestatus in Prozent misst. Die Daten können über die I²C Schnittstelle mit einer Frequenz von 400kHz, also Fast Mode, ausgelesen werden. Die benötigte Versorgungsspannung muss sich im Bereich von 2,28V und 3,48V befinden.

- **Beschleunigungssensor MMA8452Q:**

Bei dem MMA8452Q handelt es sich um einen 3-Achsen Beschleunigungssensor im QFN16 Package von Freescale Semiconductor. Die Konfiguration und der Auslesevorgang erfolgen über den I²C-Bus mit einer Frequenz von 400kHz. Die mögliche Auflösung der Beschleunigungswerte beträgt 12 Bit und neue Daten werden mit bis zu 800Hz bereitgestellt. Der Beschleunigungssensor verfügt des Weiteren über die Möglichkeit bestimmte Klopfmuster zu erkennen und im Falle eines erkannten Musters eine Interruptflag zu setzen, welche wiederum von dem Mikrocontroller erkannt werden kann. Die benötigte Versorgungsspannung muss sich im Bereich von 1,95V und 3,6V befinden.

6.1.3 Mechanik

Das Gehäuse verfügt über die Form eines Würfels mit einer Kantenlänge von 150mm.

Es lässt sich funktionell sowie optisch in zwei grundlegende Elemente aufteilen:

- Die Basis welche das Hauptsegment beherbergt und die untere Hälfte des Gehäuses darstellt. Sie misst 150 x 150 x 75 mm (l x b x h) und besteht aus insgesamt 5 einzelnen furnierten Spannholzplatten, welche gemeinsam mit Schlitzfräsungen und Gewindeeinsätzen miteinander verbunden werden.

- Den Diffusor welcher aus 3mm starken satiniertem Acrylglas besteht, ebenfalls aus 5 Einzelteilen besteht sowie Außenmaße von 150 x 150 x 75 mm (l x b x h) besitzt, und mithilfe eines unter UV Licht aushärtenden Acrykleber miteinander verbunden werden.

Mithilfe von Gewindeeinsätzen und M3 Schrauben werden Platinen, Diffusor und Basis miteinander verbunden. Des Weiteren wird mit eigens angefertigten Halterungen aus Acrylglas die Platine LightPCB in der richtigen Position, auf Höhe des Diffusors innerhalb des Gehäuses gehalten, um ein gleichmäßiges Ausleuchten des Diffusors sicherzustellen. Die Versorgung der einzelnen Platinen wird über Verbindungen aus selbst gekrimpten, 5 adrigen Kabeln hergestellt welche jeweils über eine Kabelquerschnittsfläche von 1mm² verfügen. Um das Kabelgeflecht vor etwaigen Schäden zu schützen wird ein Nylon – Geflechtmantel über das Geflecht gezogen.

6.1.4 Schnittstellen

Externe Schnittstellen

ISP Schnittstelle(In System Programming)

Mithilfe dieser Schnittstelle kann der Mikrocontroller auf dem BasisPCB unter Verwendung eines geeigneten ISP-Programmers (z.B. MySmartUSB Light) programmiert werden. Theoretisch besteht weiters die Möglichkeit über „debugWire“ Einblick in den Programmablauf zu erlangen. Dies erfordert allerdings einen Programmierer der diese Funktion unterstützt.

µUSB Buchse

Die auf dem WristPCB vorhandene µUSB Buchse dient in erster Linie dem Zweck den Akkumulator möglichst komfortabel mit einem gewöhnlichen Netzteil, wie es heutzutage auch für jedes aktuelle Smartphone verwendet wird, aufladen zu können. Weiters wird die Schnittstelle jedoch auch zum programmieren des Mikrocontrollers auf dem WristPCB verwendet.

Interne Schnittstellen

I²C (Inter-Integrated Circuit)

Der I²C-Bus (auch TWI = Two Wire Interface genannt) ist ein serieller synchroner Zweidraht – Bus welcher in erster Linie für die Kommunikation zwischen IC's gedacht ist. Er verfügt über eine Standarddatenrate von 100kB/s und kann mit bis zu einer Buskapazität von 400pF arbeiten. Mithilfe des I²C-Buses können eine Vielzahl von Geräten über lediglich 2 Leitungen gesteuert werden:

- SDA (Serial Data)
- SCL (Serial Clock) wird vom Master zur Synchronisation ausgegeben

Mithilfe von speziellen Bausteinen sind auch Multimaster Systeme, Datenraten von bis zu 3,4Mbit/s und Buskapazitäten bis zu 3000pF möglich.

Der I²C Bus wird auf dem WristPCB mit 400kHz betrieben was somit dem „Fast Mode“ entspricht. Auf dem BasisPCB wäre sogar eine Busfrequenz von 1MHz, also „Fast Mode+“ möglich, durch die RTC kann der Bus jedoch auch hier nur mit 400kHz betrieben werden. Der Bus ist für die geräteinterne Kommunikation zwischen Mikrocontroller, Beschleunigungssensor, RTC, LED-Treiber und Fuel Gauge IC zuständig.

UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

Das RS-232-Übertragungsverfahren wurde ursprünglich zur Datenübertragung über Telefonleitung entwickelt. Übertragen werden dabei Datenpakete von 5 - 9 Bits, heute üblich sind 8-Bits, also 1 Byte. Zusätzlich wird am Anfang ein Startbit gesendet, das den Beginn eines Bytes kennzeichnet. Am Ende des Bytes wird dann noch ein Stopbit gesendet, d.h. pro Datenbyte werden 10 Bit gesendet. Der Pegel des Startbits und des Stopbits ist definiert und dient zur sicheren Erkennung der dazwischen liegenden Nutzbits. Zur Übertragung von Nutzdaten hatte man sich auf den ASCII-Code (American

Standard Code of Information Interchange) festgelegt, um die Information unabhängig vom Typ des Datenendgeräts einheitlich zu gestalten. (RN-wissen, 2007)

Die UART-Schnittstelle wird auf dem BasisPCB, wie auch bei dem WristPCB, für die Kommunikation über das Bluetoothmodul verwendet. Für diesen Zweck ist eine Baudrate von 9600 ausreichend. Im Falle des WristPCB wird die Schnittstelle weiters benötigt um den Mikrocontroller über den USB zu UART Umsetzer, also folglich über die µUSB Buchse, programmieren zu können.

SPI (Serial Peripheral Interface)

Das Serial Peripheral Interface ist ein Bus-System für einen synchronen seriellen Datenbus (Synchronous Serial Port), mit dem digitale Schaltungen nach dem Master-Slave-Prinzip miteinander verbunden werden können. Für SPI sind drei gemeinsame Leitungen nötig welche mit allen Bus – Teilnehmern verbunden werden müssen:

- SCLK (Serial Clock) auch SCK, wird vom Master zur Synchronisation ausgegeben
- MOSI (Master Output, Slave Input)
- MISO (Master Input, Slave Output)

Des Weiteren muss für jedes weitere Slavegerät im Bus-System eine zusätzliche Chip-Select-Leitung vorhanden sein welche je nach Anwendung unterschiedliche Bezeichnungen besitzen wie SS, CS oder STE für Slave Select, Chip Select oder Slave Transmit Enable.

Der SPI-Bus wird auf dem BasisPCB für die Kommunikation mit dem OLED Display benötigt. Der Bus wird mit einer Taktfrequenz von 1,25MHz und in diesem Fall nur unidirektional betrieben da das Display über keinen MISO Ausgang verfügt.

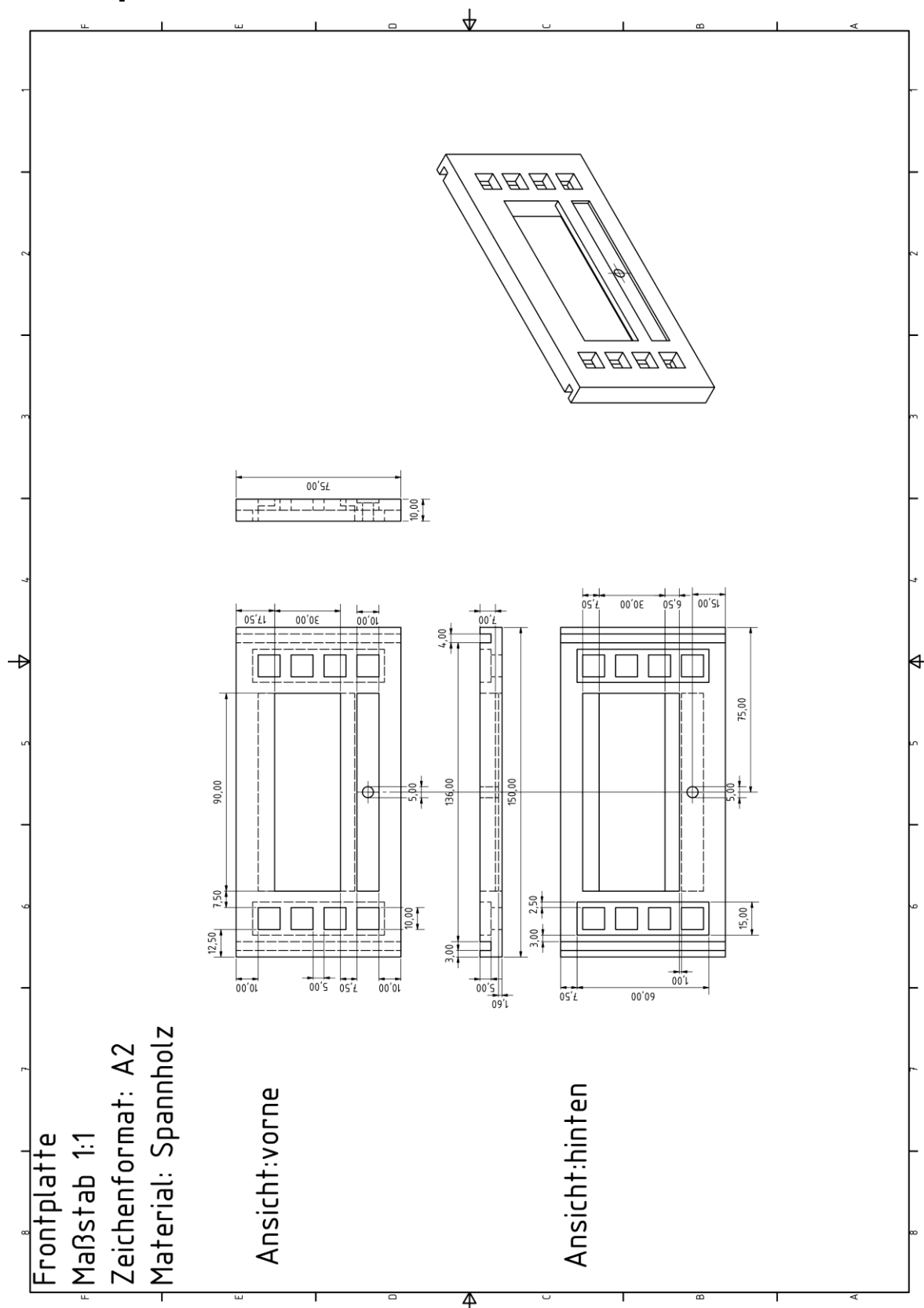
Bluetooth

Um eine Kommunikation zwischen dem Basissegment und dem Sensorsegment zu ermöglichen wird auf eine Bluetooth – Schnittstelle der Version 2.1 + EDR (Enhanced Data Rate) gesetzt. Diese Version erlaubt eine maximale Datenrate von 2,1Mbps/s und bietet gegenüber der vorigen Version 2.0 + EDR neue Funktionen wie SSP (Secure Simple Pairing), QoS (Quality of Service).

Sobald die Verbindung zwischen den gewählten Modulen steht, fungieren diese lediglich als UART Brücke und ermöglichen daher eine logisch direkte Verbindung zwischen den Mikrocontrollern der Einheiten. Zwar sind die Bluetoothmodule mithilfe von anderen Bluetooth – fähigen Geräten sichtbar, allerdings besteht nicht die Möglichkeit mit einem solchen Modul eine Verbindung aufzubauen, weswegen sich die Bluetooth Schnittstelle in diesem Fall als interne Schnittstelle klassifizieren lässt.

7 Detaillierte Beschreibungen

7.1 Frontplatte



7.1.1 Leiterplatte BasisPCB

Schaltplan

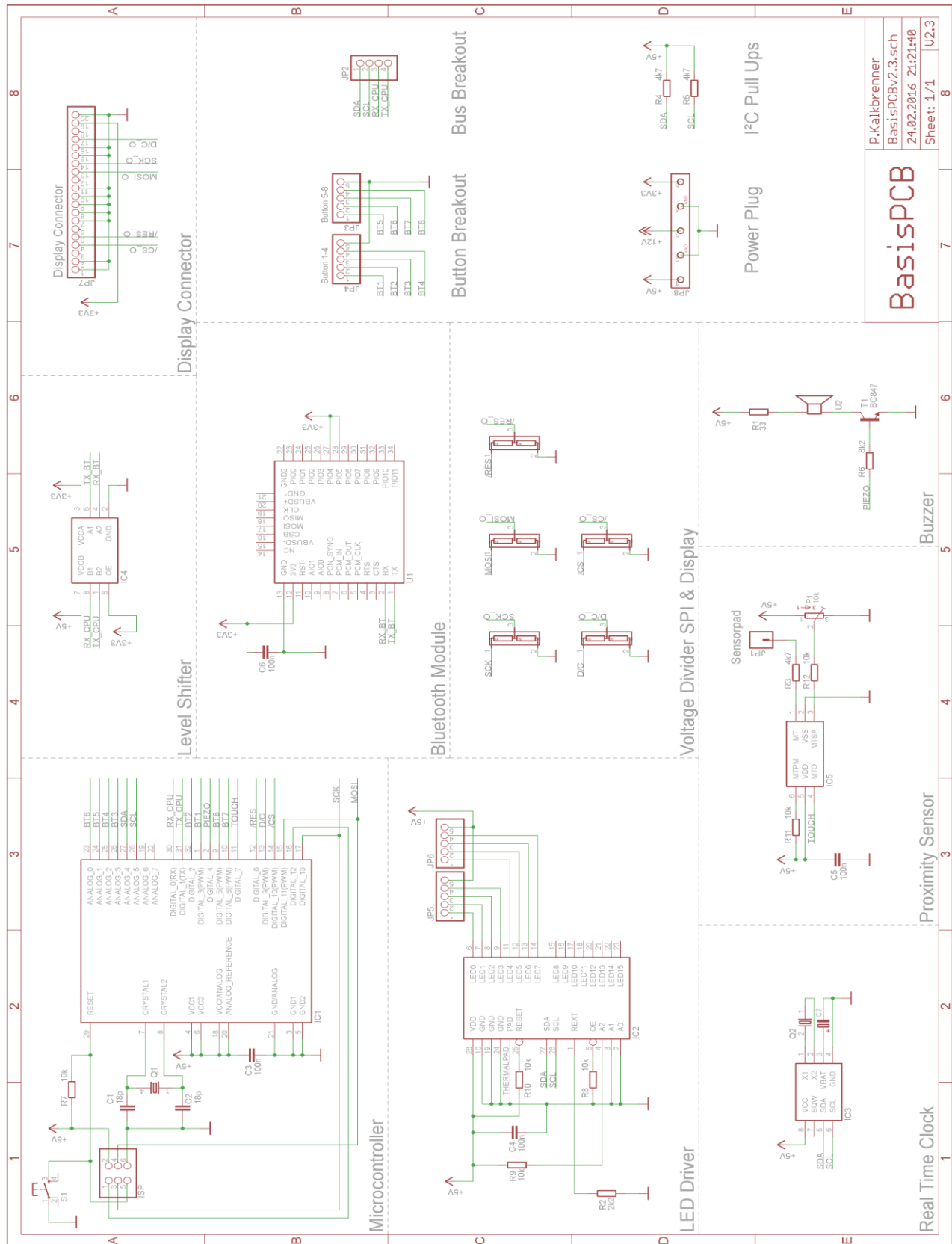


Abb. 7-2: Schaltplan BasisPCB

7.1.1.1 Detailberechnungen

Berechnung Erhaltungzeit RTC

Um im Falle einer unterbrochenen Stromversorgung der RTC, verursacht durch beispielsweise ein Abstecken des Gerätes, die Uhrzeit weiterhin korrekt erhalten zu können, wird ein Bufferspeicher benötigt. Dieser Bufferspeicher versorgt lediglich die RTC mit Strom und wird üblicherweise in Form einer einfachen Knopfzelle realisiert. Da die von uns verwendete RTC jedoch über die Funktion verfügt, wiederaufladbare Quellen als Buffer zu verwenden, haben wir uns für die Verwendung eines Superkondensators mit einer Kapazität von 1F entschieden. Die folgende Berechnung zeigt die theoretische Erhaltungsdauer der Uhrzeit unter Außenvorlassung der Selbstentladung und anderer unerwünschten Faktoren.

$$T = \frac{(U_{geladen} - U_{min}) * C}{I} = \frac{(3,3V - 1,3V) * 1F}{100nA} = 20\,000\,000 \text{ Sekunden} \rightarrow 33 \text{ Wochen}$$

Anhand der Berechnung würde sich eine recht hohe Erhaltungszeit von rund 33 Wochen ergeben, die Eigenschaft einer Kapazität eine verhältnismäßig hohe Selbstentladung zu haben, führt jedoch dazu dass nicht der Stromverbrauch der RTC, sondern in erster Linie die Selbstentladung des Superkondensators Maßgebend für die überbrückbare Zeit ist.

Berechnung Genauigkeit RTC

Die Genauigkeit der Uhrzeit ergibt sich primär aus der Genauigkeit des Quarzes, welche in unserem Fall laut Datenblatt bei 20PPM(Parts Per Million) liegt. Die Genauigkeit des RTC Bausteins an sich beträgt 10PPM, somit ist, bezogen auf bekannte Faktoren, die Uhrzeit auf 30PPM genau.

Die folgende Berechnung zeigt die theoretische Abweichung pro Tag unter Außenvorlassung von Temperaturschwankungen oder anderer Faktoren.

$$T = 24 \text{ Stunden} * 60 \text{ Minuten} * 60 \text{ Sekunden} * \left(\frac{30PPM}{1000\,000} \right) = 2,592 \text{ Sekunden}$$

Die reale Gangabweichung pro Tag dürfte nahe am Bereich der errechneten 2,592 Sekunden liegen da sowohl RTC(Real Time Clock) als auch der Quarz selbst in dem Gehäuse keinen hohen Temperaturschwankungen unterliegen dürften. Die Gangabweichung der RTC liegt somit im üblichen Genauigkeitsbereich von Quarzuhren.

Berechnung Maximaler Ausgangsstrom LED – Treiber

Bei den verwendeten LED – Treiber, PCA9952 und PCA9956, handelt es sich prinzipiell um das gleiche Model, wobei PCA9956 über 24 statt nur 16 Ausgänge verfügt. Es handelt sich bei diesen Treibern um Konstantstromquellen dessen maximaler Ausgangsstrom über einen externen Widerstand(R_{ext}) bestimmt werden kann. Die folgende Berechnung zeigt wie sich der maximale Ausgangsstrom ergibt.

$$I_{max} = \frac{900mV}{R_{ext}} * \frac{255}{4} = \frac{900mV}{2,7k\Omega} * \frac{255}{4} \approx 21mA$$

Wie durch die oben stehende Formel zu erkennen ist, ergibt sich durch die Wahl eines 2,7k Ω Widerstands ein maximaler Ausgangsstrom von etwa 21 mA, welcher sich hervorragend für die üblichen Spezifikationen für LEDs eignet.

7.1.2 Leiterplatte SupplyPCB

Schaltplan

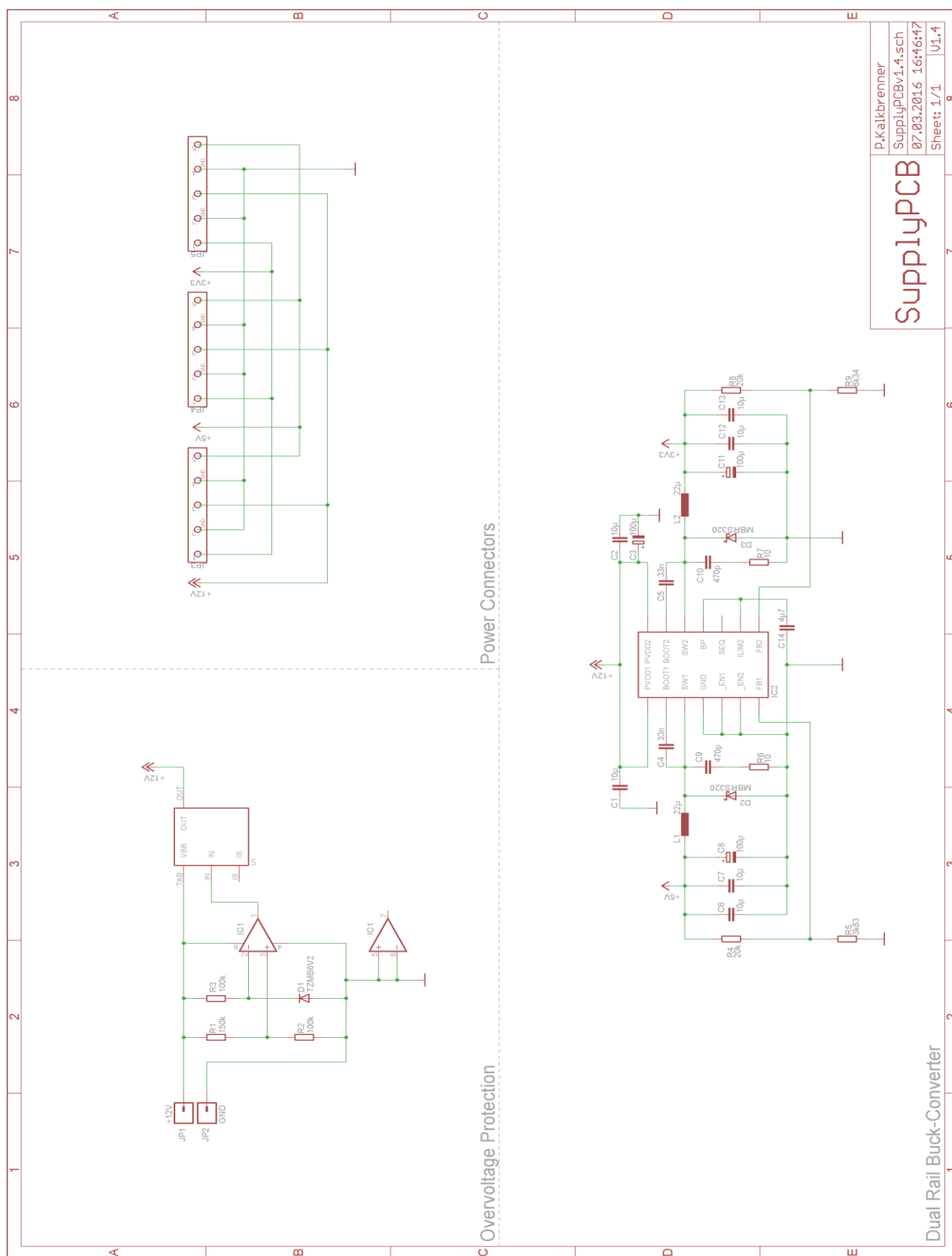


Abb. 7-3: Schaltplan SupplyPCB

7.1.2.1 Detailberechnung

Berechnung Komparator

Um eine Überspannung feststellen zu können wird ein Komparator verwendet dessen Beschaltung so dimensioniert wird, dass er im Falle einer zu hohen Eingangsspannung, die Versorgung mithilfe des High – Side Schalters unterbricht. Die rechte Abbildung zeigt die grundlegende Prinzipschaltung des Komparators:

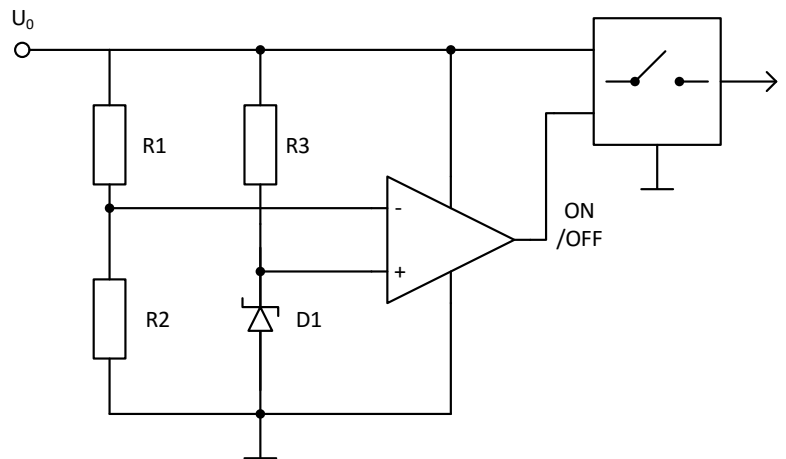


Abb. 7-4: Prinzipschaltung Komparator

Wie in Abbildung 9-4 zu sehen ist, wird eine Zenerdiode (D1) in diesem Fall als Referenzspannung für den Komparator verwendet. Für Sie wurde ein Wert von 6,2V als Zenerspannung gewählt. Der Widerstand vor der Zenerdiode (R3) begrenzt den Strom der durch die Diode fließt. Das Widerstandsverhältnis der beiden Widerstände des Spannungsteilers (R1, R2) muss so gewählt sein dass an R2, und somit am negativen Komparatoreingang, die gleiche Spannung wie am positiven Komparatoreingang anliegt. Infolgedessen wird der Ausgang des Komparators gegen Masse geschaltet und der High – Side Schalter unterbricht die Versorgung. Da die Spannung bei einem Eingangspegel von 15 unterbrochen wird muss der Spannungsteiler somit so definiert sein dass bei einem Eingangspegel von 15V an R2 eine Spannung von 6,2V anliegt. Für R2 wird ein Widerstand von 10kΩ gewählt, die folgende Berechnung ergibt den Wert für den zweiten Widerstand R1.

$$R_1 = \frac{R_2 * U_0}{U_{Zener}} - R_2 = \frac{10k\Omega * 15V}{6,2V} - 10k\Omega = 14,19k\Omega \quad \text{Normwert aus E12: } 15k\Omega$$

Anhand des gewählten Normwertes von 15kΩ für den Widerstand R1 ergibt sich die folgende Sperrspannung für den Überspannungsschutz:

$$U_0 = \frac{U_{Zener} * (R_1 + R_2)}{R_2} = \frac{6,2V * (15k\Omega + 10k\Omega)}{10k\Omega} = 15,5V$$

Durch die gewählten Widerstände des Spannungsteilers sollte die Versorgung bei einem Eingangspegel von etwa 15,5V unterbrochen werden, dieses Verhalten wird in dem Unterpunkt „Testfall Überspannung“ überprüft.

Berechnung Spannungsteiler Step – Down Regler

Um die beiden Ausgänge auf einen fixen Wert zu halten, regelt der TPS54386 die Spannung sodass an dem Feedback Pin (FB) des Reglers ein Referenzpegel von 0,8V (U_{Ref}) anliegt. Aufgrund dieses Verhaltens lassen sich, mithilfe eines Spannungsteilers, die Ausgänge auf jeden beliebigen Pegel setzen. Da der Wert, laut Datenblatt, des Widerstands R_1 in einem Bereich zwischen 10k Ω und 50k Ω liegen soll, wurde zwecks eines Kompromisses zwischen Rauschempfindlichkeit und Verlustleistung der Wert 20k Ω gewählt. Der Wert des zweiten Widerstands R_2 ergibt sich anhand folgender Berechnung für die jeweiligen Spannungen:

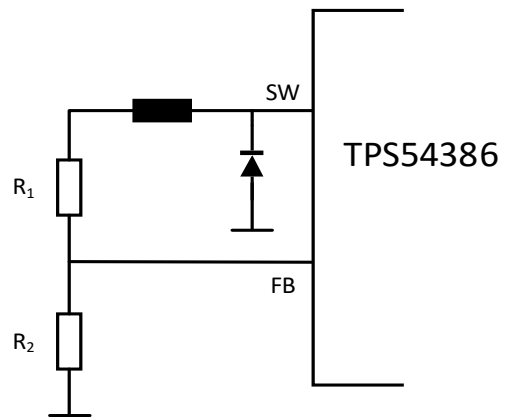


Abb. 7-5: Darstellung Spannungsconfiguration

5V Ausgang:

$$R_2 = \frac{U_{Ref} * R_1}{U_{Out} - U_{Ref}} = \frac{0,8V * 20k\Omega}{5V - 0,8V} = 3,80k\Omega \quad \text{Normwert aus E48: } 3,83k\Omega$$

3,3V Ausgang:

$$R_2 = \frac{U_{Ref} * R_1}{U_{Out} - U_{Ref}} = \frac{0,8V * 20k\Omega}{3,3V - 0,8V} = 6,40k\Omega \quad \text{Normwert aus E48: } 6,34k\Omega$$

Bei der Wahl der Widerstände wurde eine höhere Normreihe benutzt um einen möglichst präzisen Ausgangspegel zu erreichen. Die berechneten Ausgangspegel mit den gewählten Widerstandswerten aus der Normreihe ergeben sich wie folgt:

5V Ausgang:

$$U_{Out} = \frac{U_{Ref} * R_1}{R_2} + U_{Ref} = \frac{0,8V * 20k\Omega}{3,83k\Omega} + 0,8V = 4,97V$$

3,3V Ausgang:

$$U_{Out} = \frac{U_{Ref} * R_1}{R_2} + U_{Ref} = \frac{0,8V * 20k\Omega}{6,34k\Omega} + 0,8V = 3,32V$$

7.1.3 Leiterplatte LightPCB

Schaltplan

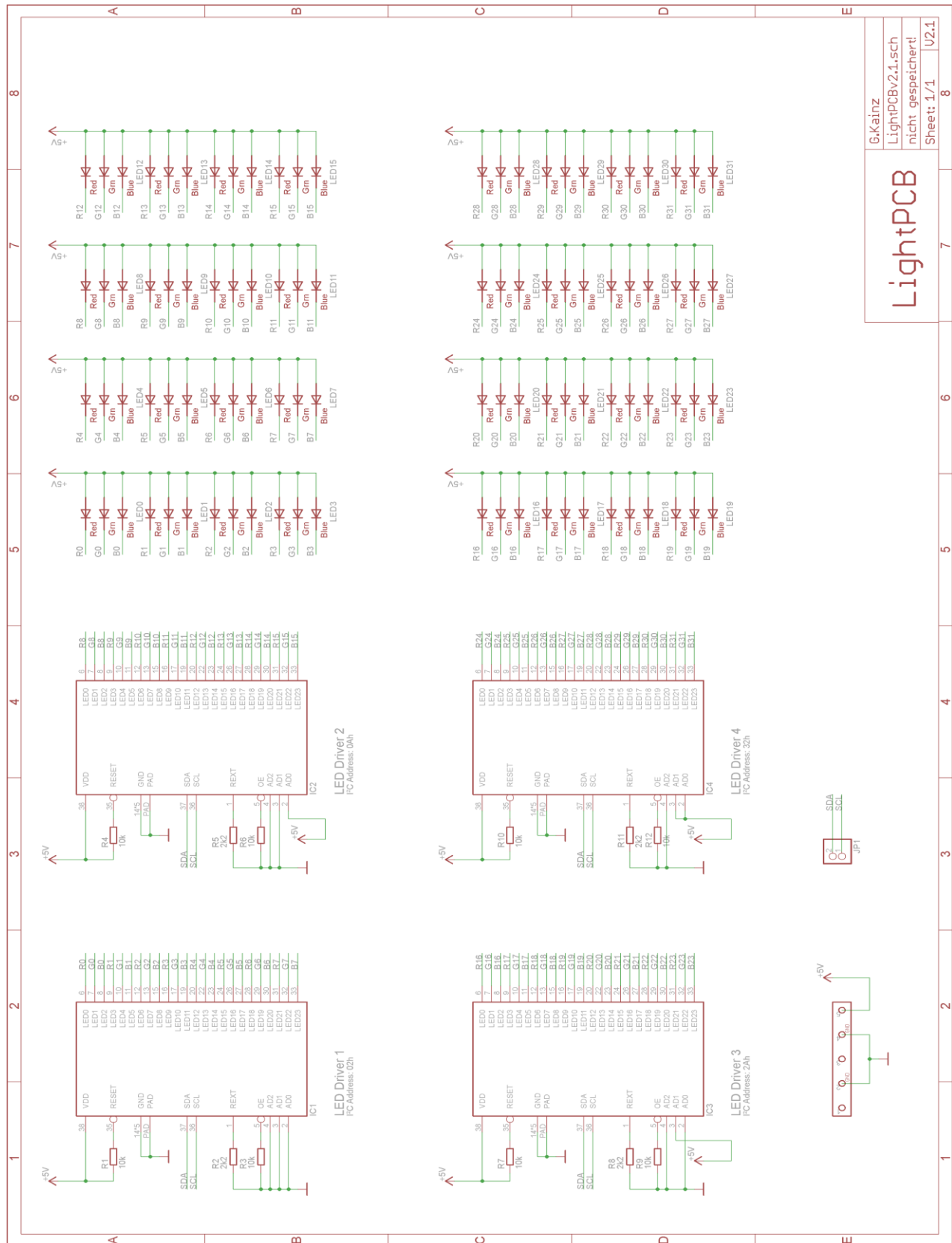


Abb. 7-6: Schaltplan LightPCB

7.1.3.1 Layout

Top Layout

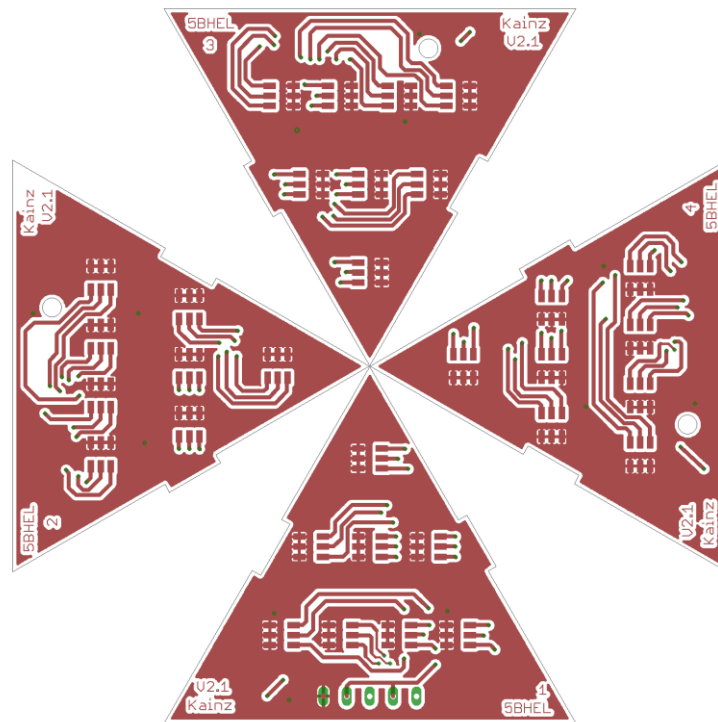


Abb. 7-7: Top Layout LightPCB

Bottom Layout

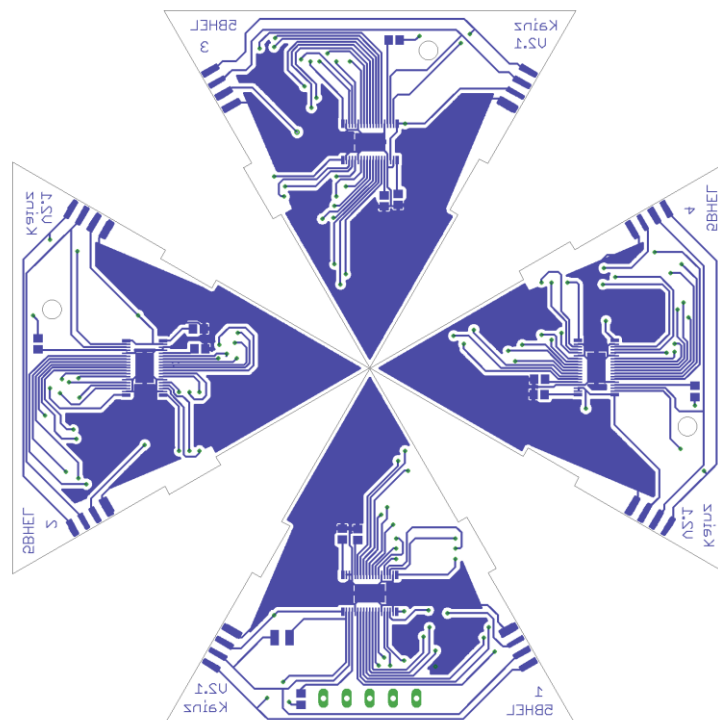


Abb. 7-8: Bottom Layout LightPCB

7.1.3.2 Bestückungsplan

Top Bestückungsplan

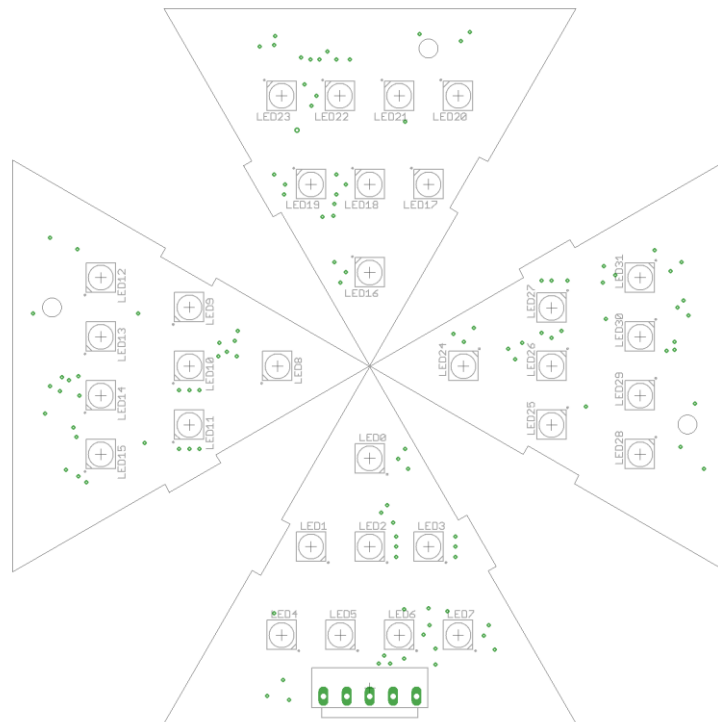


Abb. 7-9: Bestückungsplan Top LightPCB

Bottom Bestückungsplan

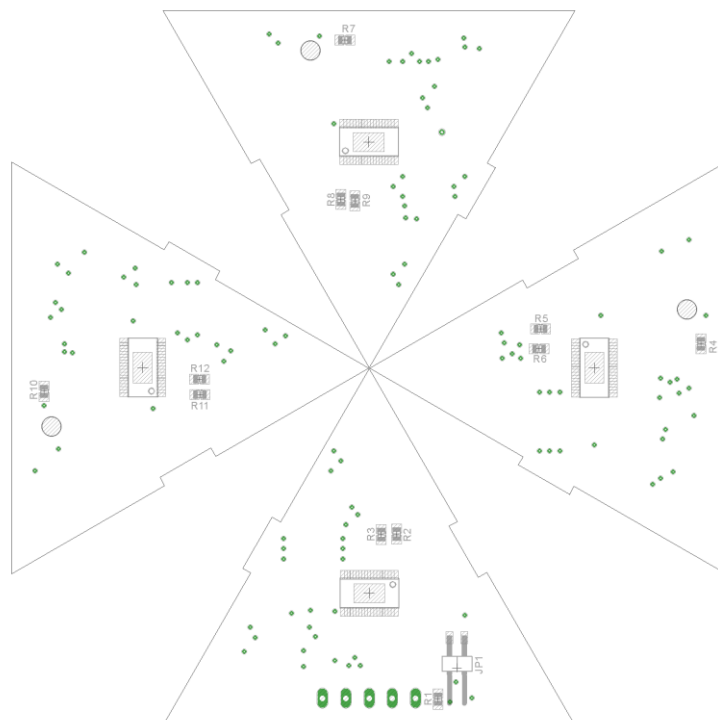


Abb. 7-10: Bestückungsplan gespiegelt Bottom LightPCB

7.1.3.3 Teileliste

Qty	Value	Device	Package	Parts	Description
8	10k	R-EU_R0805	R0805	R1, R3, R4, R6, R7, R9, R10, R12	Resistor
4	2k7	R-EU_R0805	R0805	R2, R5, R8, R11	Resistor
1		PINHD-1X2_2.54-SMD-90°	1X02SMD/90	JP1	Pin Header
1		B5P-VH-B	B5P-VH-B	JP2	JST Connector
4		PCA9956	38-HTSSOP	IC1, IC2, IC3, IC4	LED Driver
32		RGBLED5050	PLCC6	LED0, LED1, LED2, LED3, LED4, LED5, LED6, LED7, LED8, LED9, LED10, LED11, LED12, LED13, LED14, LED15, LED16, LED17, LED18, LED19, LED20, LED21, LED22, LED23, LED24, LED25, LED26, LED27, LED28, LED29, LED30, LED31	RGB LED's

7.1.3.4 Anmerkungen zum Layout

Die aufwendige sowie ungewöhnliche Form und Aufteilung des LightPCB ist nötig um eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung des Diffusors zu ermöglichen. Dies wird durch den Pyramidenförmigen Aufbau der Platine, bei Abstrahlwinkeln von 120° der LEDs, weitestgehend erreicht (siehe Abbildung 9.11). Lediglich ein Punkt, mit etwa 10mm Durchmesser, auf der Oberseite des Diffusors wird nicht direkt beleuchtet. Da allerdings im erwarteten Anwendungsszenario (siehe Abbildung 5-2) die Oberseite des Diffusors ohnehin eine weniger entscheidende Rolle spielt, ist dies praktisch vernachlässigbar.

Die mechanische Verbindung wird mithilfe von 1,6mm tiefen Nut und entsprechenden Spund- Fräsungen im 90° Winkel zueinander bewerkstelligt. Die elektrische Verbindung zwischen den einzelnen Teilplatinen, welche nötig ist da Stecker für die Versorgung und die Busverbindung nur auf einer Platine vorhanden sind, wird durch bis an den Rand der Platine gezogene Kupferflächen ermöglicht. Jene Kupferflächen werden auf der Innenseite des Pyramidenkonstrukts, jeweils mit der Kupferfläche der nächsten Leiterplatte, verlötet. Diese Methode bietet zum Einem den Vorteil dass kein Platz für Steckverbindungen und Kabel benötigt wird, und zum Anderen dass die Lötstellen dem Pyramidenkonstrukt zusätzlich eine gewisse mechanische Stabilität verleihen.

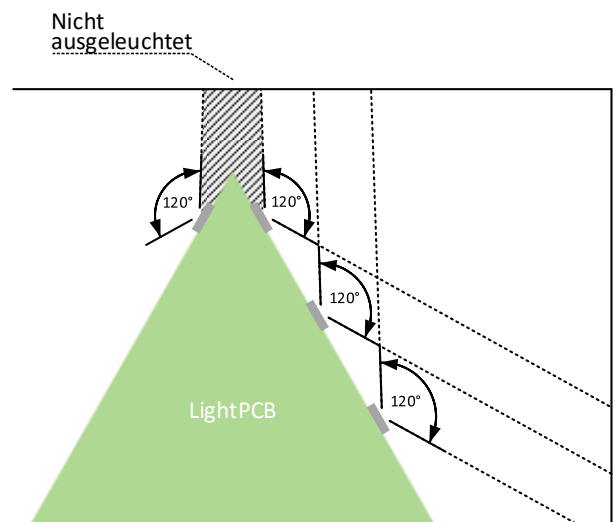


Abb. 7-11: Diffusor Ausleuchtung

7.1.4 Leiterplatte WristPCB

7.1.4.1 Schaltplan

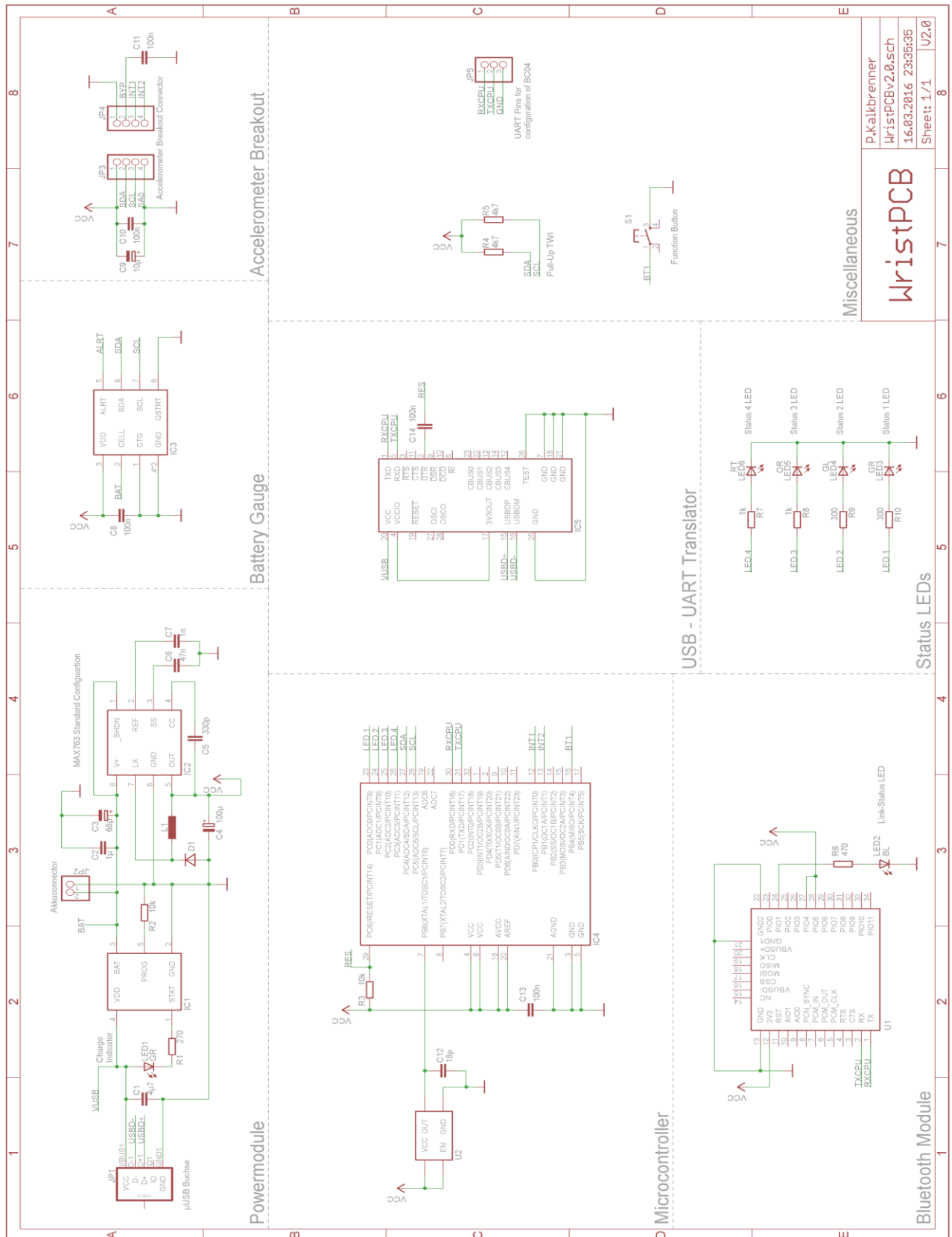


Abb. 7-12: Schaltplan WristPCB

7.1.4.2 Detailberechnung

Berechnung Akkulaufzeit

Da die Versorgung des WristPCB durch einen Akku bereitgestellt wird, ist die Laufzeit ohne Ladevorgänge begrenzt. Die Kapazität des Akkus beträgt laut Herstellerangaben 130mAh. Durch Messungen des Gesamtstroms des WristPCB ergab sich dass im Betrieb, nachdem eine Bluetoothverbindung aufgebaut wurde, der Akkumulator mit 11mA belastet wird. Die folgende Berechnung zeigt die theoretische Laufzeit des WristPCB.

$$T_{\text{Laufzeit}} = \frac{\text{Akkukapazität}}{\text{Stromverbrauch}} = \frac{130\text{mAh}}{11\text{mA}} = 11,81\text{h}$$

Aufgrund der theoretischen Laufzeit von knapp 12 Stunden muss der Akku bei einer durchschnittlichen Schlafdauer von 7 Stunden täglich geladen werden

7.2 Software

7.2.1 Verwendete Programme und Hardware

- **Atmel Studio**

Atmel Studio (vor Version 6: "AVR Studio") ist eine kostenlose IDE (Integrated Developing Environment) für die Programmierung der AVR-Mikrocontroller und ARM-Mikrocontroller (ab Version 6) von Atmel. Sie basiert ab Version 5 auf der Visual Studio Shell von Microsoft und besteht aus einer Projektverwaltung, einem Editor, einem Debugger und Werkzeugen zum Beschreiben der Mikrocontroller. (mikrocontroller.net, 2016)

- **myAVR ProgTool**

Das myAVR ProgTool ist ein freies Werkzeug zum Programmieren von AVR-Mikrocontrollern. Es ermöglicht den Programmspeicher, den EEPROM und die Fuse-/Lock-Bits der unterstützten AVR-Mikrocontroller komfortabel zu programmieren und auszulesen. Die Funktionen dieses Werkzeugs sind Auskopplungen aus den lizenzpflichtigen Produkten von myAVR. (Laser & Co. Solutions GmbH, 2016)

Das myAVR ProgTool wurde verwendet um die von Atmel Studio erzeugten .hex – Files über die ISP Schnittstelle mithilfe des *mySmartUSB light* Adapters auf den Mikrocontroller zu übertragen, sowie um die Fuses der Mikrocontroller zu brennen welche für den Betrieb notwendig sind. Für den Mikrocontroller des BasisPCB ist hierfür nur das Brennen der „Low Fuse“ 0xF7 nötig, der Mikrocontroller des WristPCB hingegen erfordert das Brennen der „Low Fuse“ 0xE0 sowie der „High Fuse“ 0xDA.

- **mySmartUSB light**

mySmartUSB light ist ein modernes Programmerwerkzeug für Atmel AVR-Mikrocontroller im USB-Stick-Design. Der USB Programmer mySmartUSB light ist in SMD-Bauweise ausgeführt und in einem Plastikgehäuse gekapselt. Er verfügt über einen 6poligen Standard-ISP-Anschluss. Die Einbindung in das Betriebssystem und die Programmiersoftware läuft völlig transparent über einen virtuellen COM-Port. (Laser & Co. Solutions GmbH, 2016)

- **Chip45boot2**

chip45boot2 ist ein professioneller Bootloader für Atmel AVR ATmega Xmega Mikrocontroller mit Intel Hex Support und automatischer Baudraten Einstellung. Der Bootloader passt sich automatisch der Baudrate des Hosts an, sodass es nicht notwendig ist, den Bootloader für jeden Prozessortakt neu zu übersetzen. Es existieren vorkompilierte Hexfiles für verschiedene Controllertypen und gegebenenfalls verschiedene UARTs, die unabhängig vom Prozessortakt funktionsfähig sind. Passend zum chip45boot2 Bootloader gibt es mit dem chip45boot2 GUI ein komfortables PC/Windows Programm mit grafischer Oberfläche, das das Programmieren von Flash und Eeprom per COM Port vereinfacht. (chip45 GmbH u. Co. KG, 2016)

Mithilfe des chip45boot2 Bootloaders und der chip45boot2 GUI wurde das programmieren des WristPCBs über die Mikro – USB Schnittstelle ermöglicht.

- **CadSoft EAGLE**

EAGLE, der Einfach Anwendbare Grafische Layout Editor, ist eine leistungsstarke PCB Design Software der Firma CadSoft, zugeschnitten auf die Bedürfnisse von professionellen Ingenieuren und Bildungseinrichtungen. (CadSoft, 2016)
Mithilfe von EAGLE wurden die Schaltpläne sowie die Layouts sämtlicher Platinen dieser Arbeit entworfen.

- **Microsoft Visio**

Bei Visio handelt es sich um ein Visualisierungsprogramm von Microsoft für Windows. Es ist im weitesten Sinne ein Teil der Office – Familie, ist allerdings nicht in der Standard Suite enthalten und muss daher separat erworben werden. Mithilfe von Visio lassen sich unter Anwendung von Vorlagen, und verschiedensten Werkzeugen sowie Formen grafische Darstellungen und Diagramme erstellen welche sich in praktisch allen Office Anwendungen einbetten lassen. Mit Visio wurden sämtliche Blockschaltbilder und der Großteil der Darstellungen in diesem Dokument erstellt.

- **Autodesk Inventor**

Inventor wurde von der Firma AutoDesk entwickelt und vertrieben. Mit Inventor werden aufbauende und parametrische Modellierungselemente gezeichnet. Die Veränderung einzelner Parameter haben eine Rückwirkung auf damit verbundene Bauteile und Baugruppen. Dadurch werden Änderungen der einzelnen Teile dynamisch und erleichtert erheblich die Bearbeitung und Verbesserung der Bauteile. Weiters besteht die Möglichkeit, ohne weitere Hilfsprogramme Ins mechanische Bewegungsabläufe zu visualisieren und Videosequenzen zu erstellen.

- **Autodesk AutoCAD**

AutoCAD wurde als grafischer Zeichnungseditor von der Firma AutoDesk entwickelt. Hauptsächlich wurde AutoCAD als einfaches CAD-Programm mit Programmierschnittstellen zum Erstellen von technischen Zeichnungen verwendet. Heute umfasst die Produktpalette eine umfangreiche 3D-Funktion zum Modellieren von Objekten sowie spezieller Erweiterungen insbesondere für Ingenieure, Maschinenbauingenieure, Architekten, Innenarchitekten und Designfachleute sowie Geoinformatiker und Gebäudetechniker. (de.wikipedia.org, 2016)

- **CompuPhase Termite**

Termite ist ein einfach anzuwendender und zu konfigurierender RS232 Terminal. Er verfügt über ein grafisches Interface das dem Interface eines Messengerprogrammes sehr ähnelt, mit einem großen Textfenster welches sämtliche empfangene und gesendete Daten enthält, sowie einem Textfenster zur Eingabe von Strings welche versendet werden sollen. Besonderheiten von Termite sind neben der äußerst raschen und einfachen Installation, die automatische heuristische Suche nach vorhanden COM Ports was die Verwendung des Programms erheblich erleichtert. (CompuPhase, 2015)

7.2.1.1 BasisPCB

- **Main.c:**
Ist der Kern des Projektes, darin befinden sich die beiden obigen header Files und die Initialisierungen für die LED-Driver, den Real Time Clock und das Display. Desweiteren finden Abfragen in einer Schleife statt wie z.B. Uhrzeit anzeigen.
- **TWI.c:**
Enthält die Grundlegenden Methoden zur Kontrolle der I²C – Schnittstelle.
- **UART.c:**
Enthält die Grundlegenden Methoden zur Kontrolle der UART – Schnittstelle.
- **LED.c:**
Darin befindet sich der Code für die LED-Driver. Diese werden durch I²C vom ATmega326p angesprochen. Es beinhaltet auch für das einzelne Ansteuern der RGB-LED's die Berechnungen.
- **RTC.c:**
In diesem File wird die Zeit und das Datum festgelegt und herausgelesen. Dieser Vorgang wird über eine I²C Kommunikation mit dem Real Time Clock geführt.
- **Display.c:**
Das Display wird durch dieses File gesteuert.

7.2.1.2 WristPCB

- **Main.c:**
Das Hauptprogramm, enthält sämtliche Initialisierungen, Definitionen, Abfragen und Ausgaben.
- **TWI.c:**
Enthält die Grundlegenden Methoden zur Kontrolle der I²C – Schnittstelle.
- **UART.c:**
Enthält die Grundlegenden Methoden zur Kontrolle der UART – Schnittstelle.
- **gSensor.c:**
Enthält die Methoden zur Initialisierung, Kontrolle und Konvertierung der Beschleunigungsdaten des Beschleunigungssensors.
- **FuelGauge.c:**
Enthält die Methoden zur Initialisierung, Kontrolle und Konvertierung der Akkustatus Daten des Fuel Gauge ICs.

7.2.2 Konfiguration des Bluetoothmoduls

Um sicherzustellen, dass sich die Bluetoothmodule auf dem Basissegment und dem Sensorsegment automatisch miteinander verbinden, müssen Sie vorab über AT Commands konfiguriert werden.

Dies wird mithilfe des RS232 Terminal Programms *Termite* bewerkstelligt, welcher über einen USB Umsetzer direkt mit den Bluetoothmodul kommuniziert. Die Übertragung findet mit 8 Datenbits, 1 Stopbit und ohne Paritybits statt.

Die folgenden Listen zeigen die nötigen AT Commands die für die Konfiguration der jeweiligen Module nötig sind. Die blau geschriebenen Teile der Kommandos entsprechen Parametern.

- **BasisPCB:**

- 1) „AT+LADDR“

Auf dieses Kommando antwortet das Modul mit der eigenen Adresse im folgendem Format: 11:22:33:44:55:66

Sie wird benötigt damit sich die Bluetoothmodule automatisch nur mit der Adresse des jeweils anderen Moduls verbindet.

- 2) „AT+ROLE0“

Dieses Kommando ist erforderlich um das Bluetoothmodul auf dem BasisPCB als Slave zu konfigurieren. Dies hat zur Folge dass das Bluetoothmodul des Sensorsegmentes die Verbindung initialisieren muss.

- 3) „AT+BIND<WristPCB Adresse>“

Dieses Kommando bewirkt dass das Bluetoothmodul des Basissegmentes sich ausschließlich mit dem Modul des Sensorsegmentes verbindet.

- 4) „AT+AUTOCONN0“

Dieses Kommando bewirkt dass das Bluetoothmodul des Basissegmentes nicht selbstständig versucht eine Verbindung aufzubauen.

- **WristPCB:**

- 1) „AT+LADDR“

- 2) „AT+ROLE1“

Dieses Kommando ist erforderlich um das Bluetoothmodul auf dem WristPCB als Master zu konfigurieren.

- 3) „AT+BIND<BasisPCB Adresse>“

- 4) „AT+AUTOCONN1“

Dieses Kommando bewirkt dass das Bluetoothmodul des Sensorsegmentes selbstständig versucht eine Verbindung aufzubauen.

Diverse andere Einstellung wie die Baudrate, die Art des Übertragungsprotokolls, Sicherheitseinstellungen, Suchzeiten oder Ähnliches blieben unverändert da die Standardwerte den Anforderungen entsprachen oder Funktionen ungenutzt blieben und daher nicht konfiguriert werden müssen.

7.2.3 Funktionelle Beschreibung

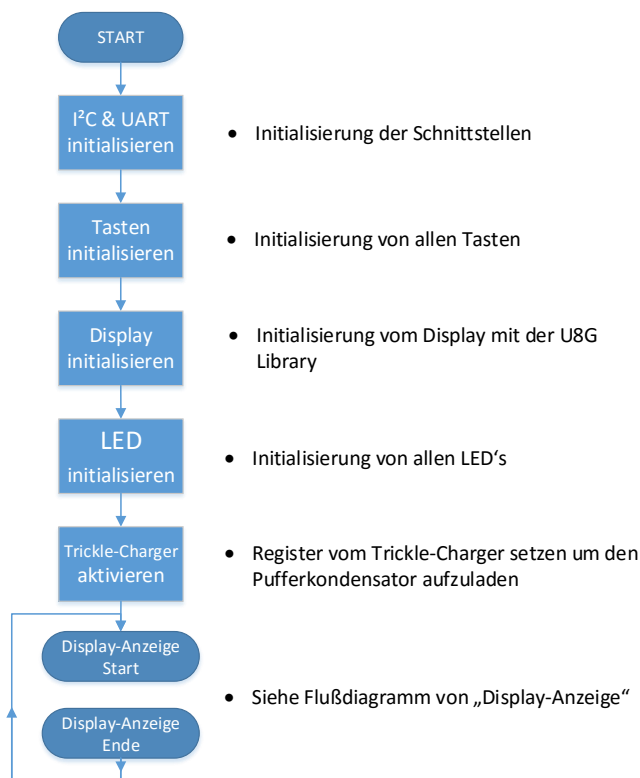


Abb. 7-13: Flußdiagramm Main Programm

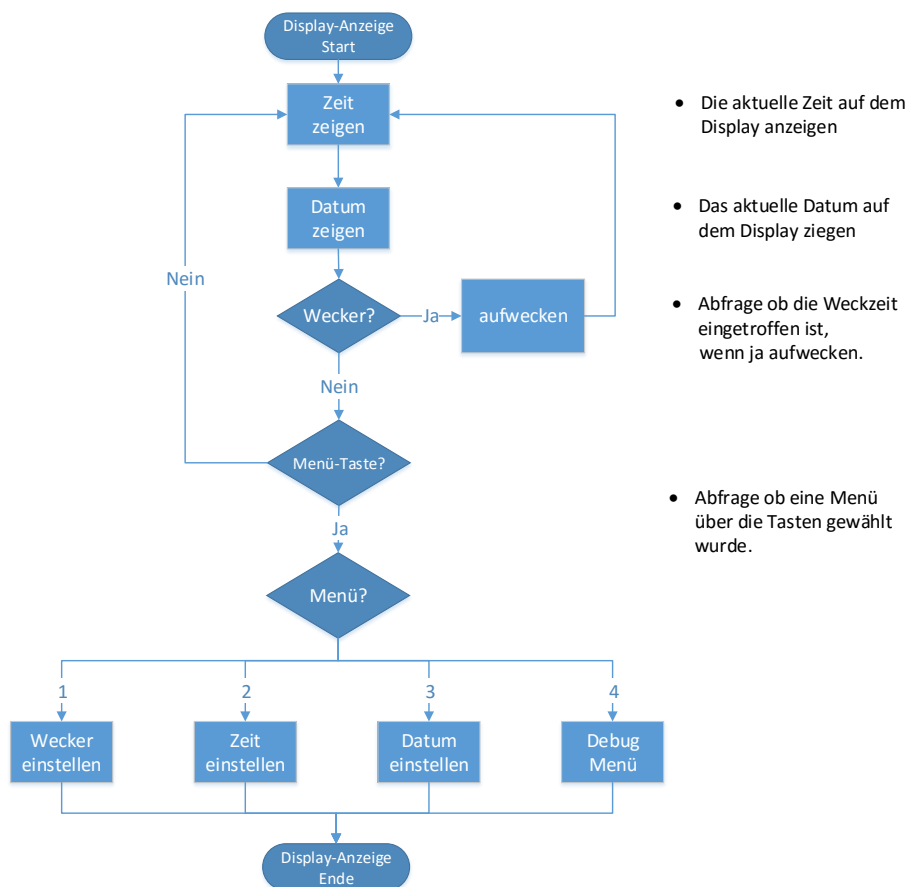


Abb. 7-14: Flußdiagramm Display Show Programm

7.3 Materialkosten

Die folgende Auflistung zeigt die ungefähren Preise gerundet, welche pro Exemplar anfallen, zum Zeitpunkt des Kaufes. Der tatsächlich zu zahlende Betrag ist höher, da Teile wie die Leiterplatte nur in Stückmengen von mindestens 10 bestellt werden können, und Versandkosten verschiedener Zulieferer nicht miteingerechnet worden sind. Da Gehäuse und die restliche Mechanik zur Gänze selbst angefertigt wurden entfallen etwaige Kosten für Arbeitszeiten.

7.3.1 Basissegment

BasisPCB

Leiterplatte:	3,70€
Bauteile:	50,00€
Gesamt:	53,70€

SupplyPCB

Leiterplatte:	2,60€
Bauteile:	35,00€
Gesamt:	37,60€

LightPCB

Leiterplatte:	4,80€
Bauteile:	25,00€
Gesamt:	29,80€

Gehäuse & Mechanik **30,00€**

Basissegment Gesamt: **151,10€**

7.3.2 Sensorsegment

WristPCB

Leiterplatte:	1,80€
Bauteile:	25,00€
Gesamt:	26,80€

Gehäuse & Mechanik **20,00€**

Sensorsegment Gesamt **46,80€**

Gesamtkosten **197,90€**

8 Test Spezifikation

8.1 Testgruppe Versorgung

8.1.1 Testfall Überspannung

Randbedingung:

Damit es im Falle einer zu hohen Eingangsspannung, welche beispielsweise durch ein defektes oder nicht kompatibles Netzteil verursacht werden könnte, zu keinen Schäden an den Schaltkreisen kommen kann, besitzt die Versorgungsplatine SupplyPCB über einen Überspannungsschutz bis 36V. Dieser Überspannungsschutz ist so dimensioniert, sodass die komplette Versorgung unterbrochen wird sobald die Eingangsspannung ein Potential von 15V erreicht, und somit 3V über der regulären Spannung liegt.

Testablauf:

Um die Funktionalität des Überspannungsschutzes zu überprüfen wird ein Labornetzteil verwendet dessen Ausgangsspannung an den Eingang der Versorgungsplatine gelegt wird. Ein Zweikanal – Oszilloskop wird im XY – Betrieb verwendet um die Spannung mit dem ersten Kanal am Ausgang des Überspannungsschutzes und mit dem zweiten Kanal am Eingang des Überspannungsschutzes zu messen. Anschließend wird die Ausgangsspannung des Labornetzteiles kontinuierlich, beginnend mit 0V, bis zu einer Spannung von 20V gestellt. Mithilfe des Oszilloskops lässt sich so ein Diagrammbild erstellen welches die Unterbrechung im Falle einer Überspannung darstellt.

Ergebnis:

In der Abbildung 10.1 ist ein Screenshot des Oszilloskopes zu sehen. Die Spannung pro Division beträgt 2V, daher lässt sich erkennen dass, nach einem annähernd linearen Anstieg des Spannungsverhältnisses, der Überspannungsschutz bei 15V die Ausgangsspannung unterbricht. (rot hervorgehoben)

Da die Versorgungsplatine aufgrund zahlreicher Glättungskondensatoren über eine sehr hohe Kapazität verfügt fällt die Ausgangsspannung, nach der Unterbrechung durch den Überspannungsschutz, auf knapp unter 2V und fällt anschließend nur langsam wieder zurück auf 0V (blau hervorgehoben). Dieses Verhalten beeinflusst die Funktion des Überspannungsschutzes aller dings in keiner Weise.

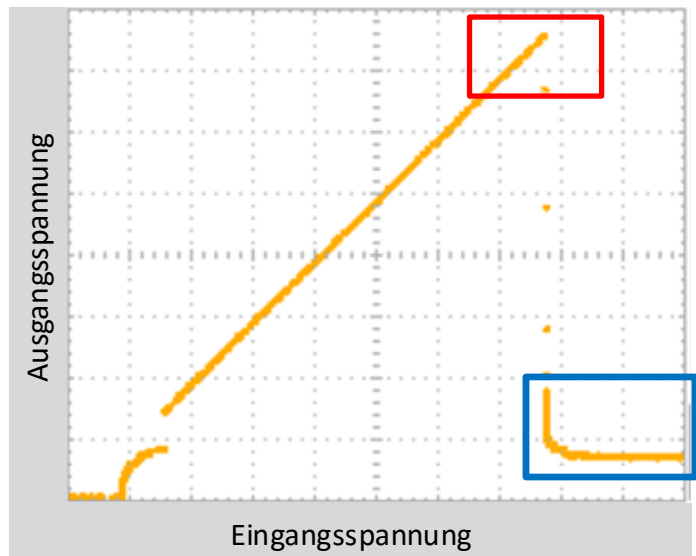


Abb. 8-1: Spannungsverlauf

8.1.2 Testfall Belastbarkeit

Randbedingung:

Der Dual Stepdown Regler TPS54386, welcher für die Bereitstellung der 5V und 3,3V Spannungen zuständig ist erlaubt eine theoretisch maximale Belastung von 3A pro Spannung. Die externe Beschaltung sowie die verwendeten Steckverbindungen und Kabel sind ebenfalls für solche Belastungen ausgelegt. Die folgende Messung zeigt jeweils das Potential am Ende eines Versorgungskabels bei verschiedenen Lasten um die Spannungsabfälle in Erfahrung zu bringen.

Testablauf:

Die Versorgungsplatine SupplyPCB wird über ein Labornetzteil versorgt um die nötige Leistung bereitstellen zu können welche im regulären Betrieb nicht benötigt werden wird, und daher nicht über ein kompaktes Netzteil bereitgestellt wird. Für die Belastung der Versorgungsplatine werden drei verschiedene Leistungswiderstände jeweils nacheinander an den 5V und 3,3V Ausgang des Stepdown Reglers gehängt. Anschließend werden nochmals beide Ausgänge gleichzeitig mit 1A belastet.

Ergebnis:

Wie aus der Tabelle für die 5V Versorgung zu erkennen ist beträgt der Spannungsabfall bei einer Belastung von 1A bereits 0,14V erhöht sich bei der 2,5 fachen Last jedoch etwa nur um den Faktor 2 womit sich die Spannung auch bei höheren Lasten in einem tollerierbaren Bereich befindet.

+5V	5Ω	3,3Ω	1,8Ω
Spannung	4,86V	4,81V	4,69V
V - Abfall	0,14V	0,19V	0,31V
Strom	1,01A	1,41A	2,5A

Der Spannungsabfall der 3,3V Versorgung unter Last bewegt sich in etwa im gleichen Bereich wie im Falle der 5V Versorgung, liegt jedoch etwas unter jener. Auch hier bewegt sich der Spannungsabfall in vertretbaren Bereichen.

3,3V	5Ω	3,3Ω	1,8Ω
Spannung	3,25V	3,22V	3,14V
V - Abfall	0,05V	0,08V	0,16V
Strom	0,64A	0,95A	1,66A

Im Falle einer Belastung von Beiden Ausgängen mit 1A lässt sich beobachten, dass der Spannungsabfall bei 5V zwar identisch geblieben ist zu jenem der einfachen Belastung, sich bei 3,3V allerdings verdoppelt hat.

1A Last	5V	3,3V
Spannung	4,82V	3,14V
V - Abfall	0,18V	0,16V

8.1.3 Testfall Welligkeit

Randbedingungen:

Da es sich bei einem Step – Down Regler wie den verwendeten TPS54386 um einen sogenannten Schaltregler handelt, welche zwar über eine hohen Effizienz von bis zu 95% verfügen, aber aufgrund Ihres Funktionsprinzips immer ein gewisses „Schwingen“, mit der Frequenz des Schaltreglers, auf die Ausgangsspannung legen. Die Amplitude dieses Phänomens, welches als „Welligkeit“ oder auch „Ripple“ bezeichnet wird, bewegt sich bei gewöhnlichen Netzteilen im Bereich von etwa 100mV. Obwohl unsere Anforderung an das Netzteil, was die Reinheit der Versorgung betrifft, niedrig sind, ist die Höhe der Welligkeit mitunter ein Indiz für die Qualität eines Netzteiles. Sie wird neben der Schaltfrequenz auch durch die ausreichende Glättung, durch Kondensatoren und deren Qualität beeinflusst.

Testablauf:

Mithilfe eines Oszilloskops werden sowohl der 5V als auch der 3,3V Ausgang des Schalreglers im unbelasteten Zustand untersucht, und die Welligkeit der Spannung durch jeweils einem Zeiger an der unten und der oberen Spitze des Pegels gemessen. Die Differenz der beiden Zeiger entspricht hierbei direkt der Welligkeit.

Ergebnis:

Anhand der Abbildung 10-2 welche den 3,3V Ausgang zeigt, lässt sich erkennen dass die maximale Welligkeit im unbelasteten Zustand 26mV beträgt. Die Spannung pro Divison beträgt hier 50mV.



Abb. 8-2: Welligkeit 3,3V Ausgang

Anhand der Abbildung 10-3 welche den 5V Ausgang zeigt, lässt sich erkennen dass die maximale Welligkeit im unbelasteten Zustand 20mV beträgt.

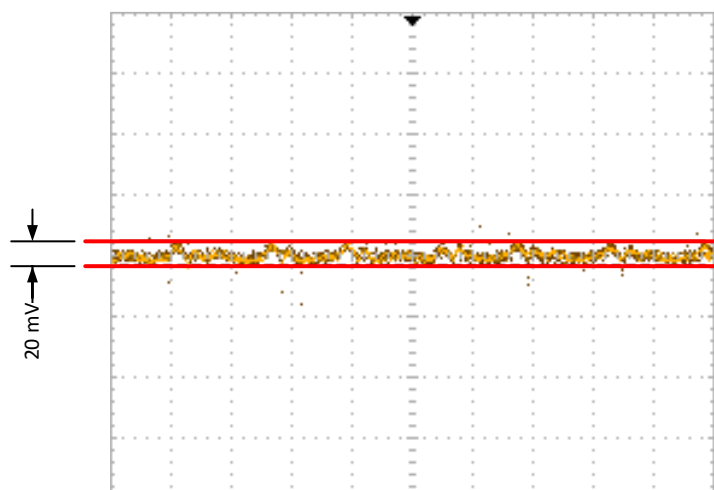


Abb. 8-3: Welligkeit 5V Ausgang

Eine weiter Messung ergab dass sich die Werte der Welligkeit beider Ausgänge im belasteten Zustand nicht verändern weswegen hierfür kein weiteres Bild eingefügt wurde.

8.1.4 Testfall Temperaturkurve

Randbedingungen:

Der Dual Step – Down Regler von TPSS54386 ist theoretisch fähig eine maximale Leistung von knapp 25W bereitstellen. Laut Datenblatt verfügt der Schaltregler über eine Effizienz von etwa 90% bei einer Last von 1A pro Ausgang. Daher ergibt sich die Verlustleistung in Wärme wie folgt:

$$P_{\text{Verlust}} = (U_1 * I_{\text{max}} + U_2 * I_{\text{max}}) * 10\% = 2,49W$$

Das HSSOP14 Package des Reglers ist bei Raumtemperatur nur für eine maximale, dauerhafte Verlustleistung von 1,6W ausgelegt. Da der TPS54386 jedoch über eine Temperaturabschaltung verfügt besteht nicht die Gefahr dass der Regler Schaden nimmt. Des Weiteren ist eine Temperaturabhängige Stromregelung vorhanden welche den Strom ab einer Temperatur von 85°C reduziert, um ein weiteres Steigen der Temperatur zu verhindern. Um dieser „Drosselung“ entgegen zu wirken und eine höhere Lebensdauer des Bauteils sicherzustellen wurde mithilfe eines Wärmeleitklebers ein Aluminium Kühlkörper direkt mit dem Regler verklebt um somit eine besser Abgabe der Wärme an die Luft zu erreichen. Der folgende Test zeigt das Temperaturverhalten des belasteten Reglers jeweils mit und ohne Kühlkörper.

Testablauf:

Die beiden Ausgänge des SupplyPCB werden so belastet das über jeden Ausgang ein Strom von 1A fließt. Die Temperatur des Reglers wird seitlich am Package, mithilfe eines Infrarotthermometers, kontaktlos gemessen. Die Messungen erfolgen über einen Zeitraum von 20 Minuten. Bis zur fünften Minute wird in 30 Sekunden Abständen eine Messung durchgeführt. Anschließend wird ein 2,5 Minuten Messintervall verwendet da sich die Temperatur ab der fünften Minute nur noch geringfügig verändert.

Ergebnis:

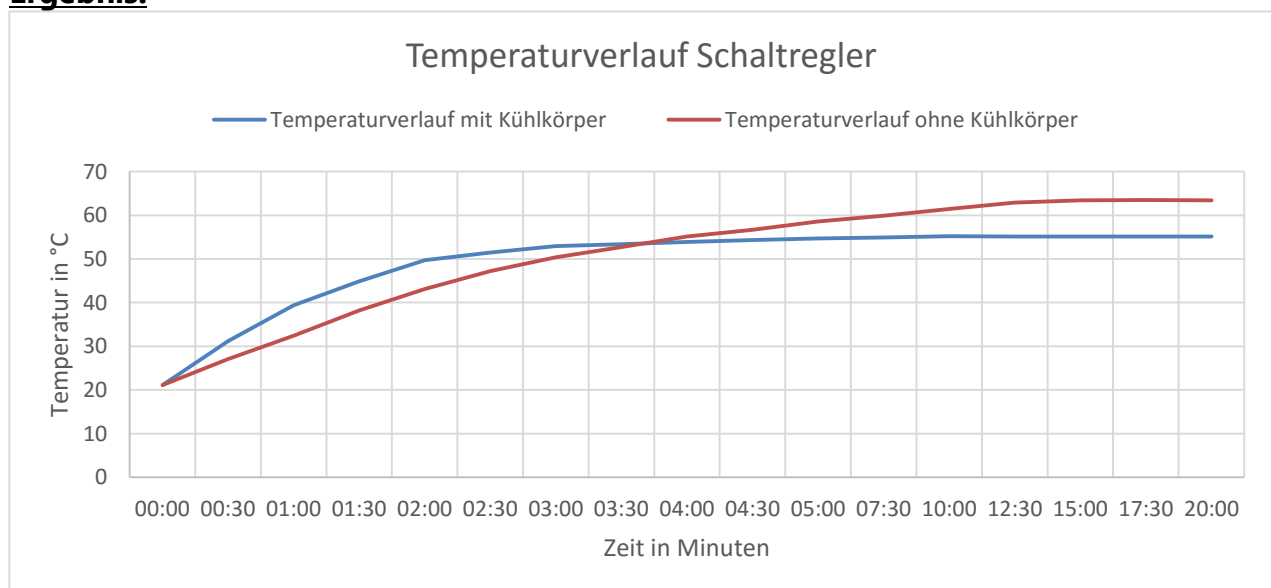


Abb. 8-4: Temperaturverlauf Step – Down Regler

Test Spezifikation

Wie aus der Tabelle der Messergebnisse abzulesen ist, beträgt die Temperaturdifferenz zwischen einem Spannungsregler, welcher über einen Kühlkörper verfügt und jener ohne, 8,3°C. Die Temperatur pendelte sich bei dem TPS54386 mit Kühlkörper nach bereits rund 3,5 Minuten ein, stieg anfangs also rapide an, und erreichte mit 55,2°C nach 10 Minuten seinen Höchstwert. Im Falle des TPS54386 ohne Kühlkörper stieg die Temperatur gleichmäßiger und langsamer an, erreichte nach 17 Minuten und 30 Sekunden jedoch einen wesentlich höheren maximalen Wert von 63,5°C.

Messungszeitpunkt	Temperaturverlauf mit Kühlkörper	Temperaturverlauf ohne Kühlkörper
00:00	21,1	21,1
00:30	31,2	27,1
01:00	39,4	32,4
01:30	44,9	38,2
02:00	49,7	43,1
02:30	51,5	47,2
03:00	52,9	50,4
03:30	53,4	52,7
04:00	53,9	55,1
04:30	54,3	56,7
05:00	54,7	58,6
07:30	54,9	59,9
10:00	55,2	61,4
12:30	55,1	62,9
15:00	55,1	63,4
17:30	55,1	63,5
20:00	55,1	63,4

Beide Temperaturen bewegen sich in einem akzeptablen Bereich, um jedoch auch bei kurzzeitig höheren Belastungen die Temperatur möglichst gering zu halten empfiehlt sich die Verwendung eines passiven Kühlkörpers.

9 Betriebsanleitung

9.1 Inbetriebnahme

- Stecken Sie das Netzteil mit dem 6 - poligen DIN Stecker für die 12V Versorgung in die dafür vorgesehene Buchse. Ein leichtes Klicken ist zu vernehmen, sobald der Stecker ordnungsgemäß eingerastet ist.

Achtung: Bei dem Stecker handelt es sich um ein proprietäres Pinout, verbinden Sie ausschließlich das eigens dafür vorgesehene Netzteil!

- Nach dem Verbinden des Netzteils mit dem Basissegment erscheint nach 3 Sekunden folgende Abbildung auf dem Display:



Abb. 9-1: Anzeige Startbild

- Die folgende Abbildung erläutert die Funktion aller sichtbaren Elemente:



Abb. 9-2: Anzeige Startbild Erläuterung

- Durch das betätigen einer beliebigen Taste gelangen Sie in das Einstellungs Menü:

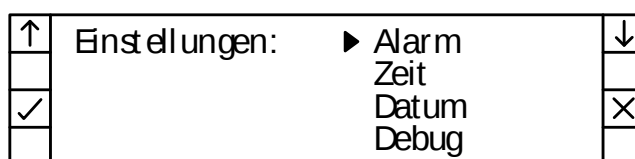


Abb. 9-3: Anzeige Einstellungs Menü

- Um einen Unterpunkt aus der Menüliste auszuwählen verwenden Sie die ↑ & ↓ Taste. Zur Auswahl eines Unterpunktes verwenden Sie die ✓ Taste. Um das Menü wieder zu verlassen betätigen Sie die × Taste.
- Wenn Sie einen der Unterpunkte Alarm, Zeit oder Datum gewählt haben, wird Ihnen das Folgende auf dem Display angezeigt.

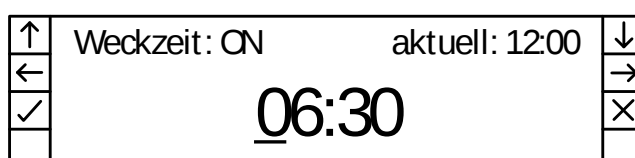


Abb. 9-4: Anzeige Konfiguration

- Durch die Betätigung der ← & → Tasten wird die zu verändernde Stelle ausgewählt. Mit ↑ & ↓ wird der Wert der Stelle verändert. Durch Betätigung der ✓ Taste kann im Unterpunkt Alarm der Wecker ein oder ausgeschaltet werden. In den anderen Unterpunkten dient diese Taste lediglich zur Bestätigung der Einstellung. Durch die Betätigung der × Taste wird wieder das Einstellungs Menü angezeigt.
- Sobald das Basissegment und das Sensorsegment eine Verbindung über die Bluetooth Schnittstelle aufgebaut haben leuchtet das „BT Status“ Symbol dauerhaft.
Das Sensorsegment muss nun über ihr Handgelenk gezogen werden. Hierbei können beide Handgelenke verwendet werden. Es empfiehlt sich auf einen komfortablen Sitz des Sensorsegmentes zu achten, da es notwendig ist dass das Band die ganze Nacht lang getragen wird, um ein Erkennen Ihrer Leichtschlafphase zu ermöglichen. Sind anfallende Konfigurationen durchgeführt ist Primae Lucis nun einsatzbereit und wird versuchen Sie im bestmöglichen Moment zu wecken.

9.2 Statusausgabe WristPCB

Das Fehlen eines Displays erschwert das Debuggen des WristPCB erheblich, um dennoch, auch ohne einen externen JTAG oder debugWire Adapter, einen gewissen Überblick über den Status des WristPCB zu erhalten, verfügt es über 5 verschiedene LEDs welche zur Ausgabe verwendet werden. Die Bedeutung der verschiedenen LED's, und eventuell deren Blinkmuster, wird in der folgenden Tabelle erläutert:

Leuchtmuster	Bedeutung
Blau <i>andauerndes Blinken</i>	Das Bluetoothmodul sucht nach einem Gerät mit der Adresse des BasisPCB.
Blau <i>5x blinkend, 2s Pause</i>	Das Bluetoothmodul befindet sich im Verbindungsaufbau mit einem Gerät.
Blau <i>andauerndes Leuchten</i>	Das Bluetoothmodul hat eine stabile Verbindung mit einem Gerät aufgebaut.
Grün <i>andauerndes Leuchten</i>	Der Mikrocontroller ist hochgefahren und vollständig initialisiert.
Gelb <i>andauerndes Leuchten</i>	Der Mikrocontroller befindet sich nicht mehr im Schlafmodus und ist nun aktiv.
Orange <i>andauerndes Leuchten</i>	Der Mikrocontroller hat mit der Auswertung der Beschleunigungswerte begonnen.
Rot <i>andauerndes Leuchten</i>	Die Auswertung der Beschleunigungswerte ergab eine mögliche Leichtschlafphase.

10 Anhang

10.1 Fertigungsunterlagen

10.1.1 Leiterplattenfertigung

BasisPCB

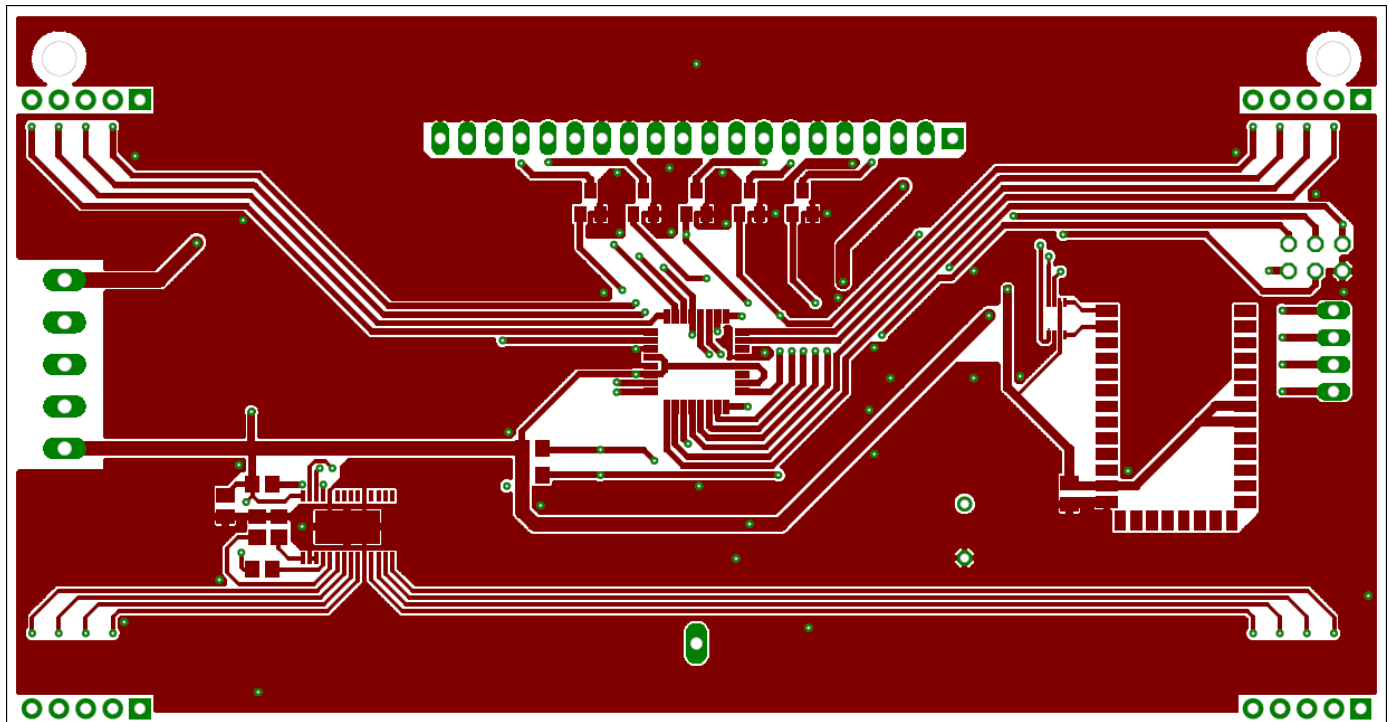


Abb. 10-1: Layout BasisPCB Top

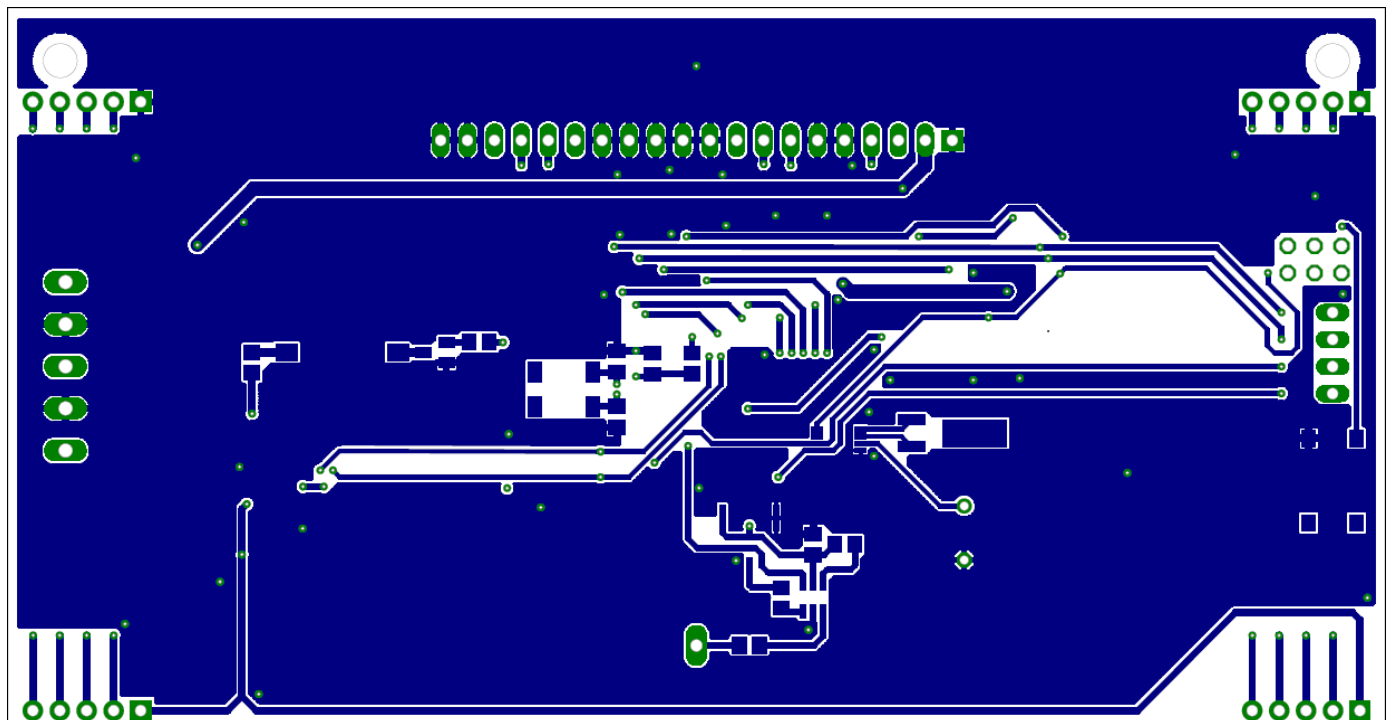


Abb. 10-2: Layout BasisPCB gespiegelt Bottom

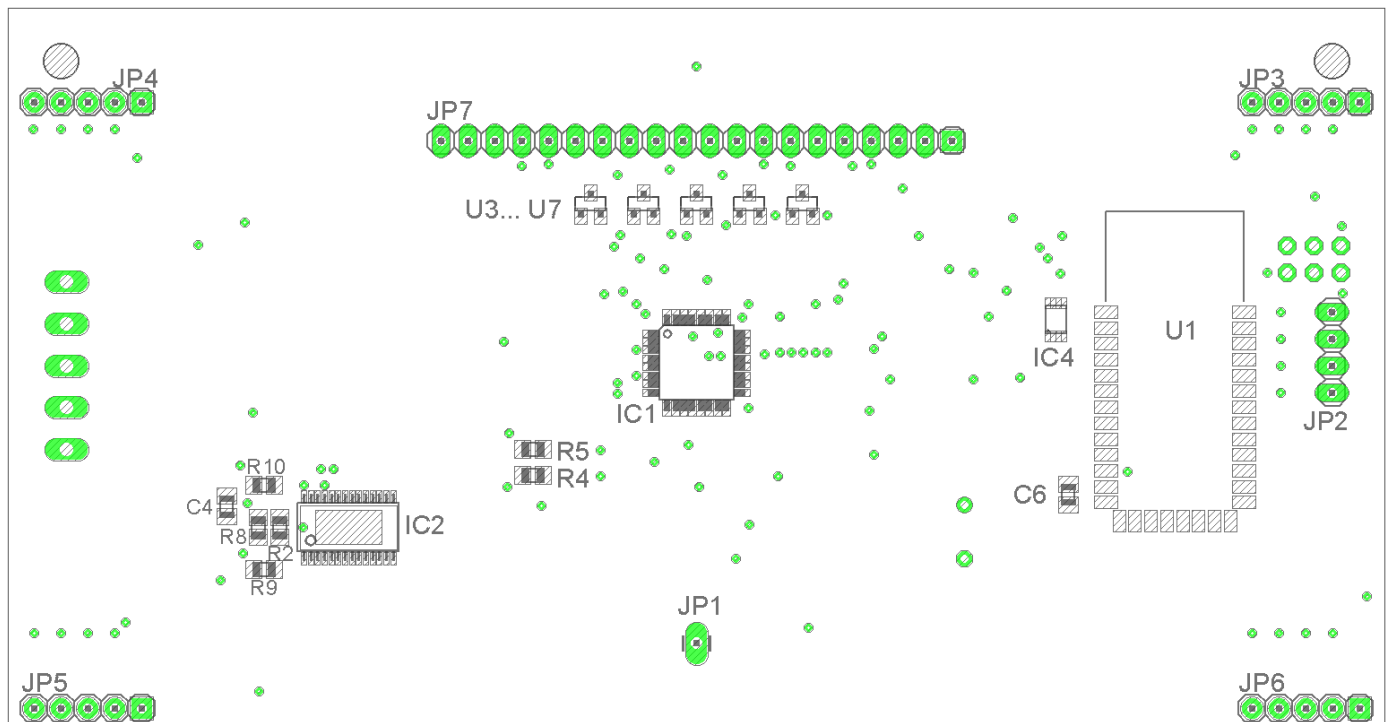


Abb. 10-3: Bestückungsplan BasisPCB Top

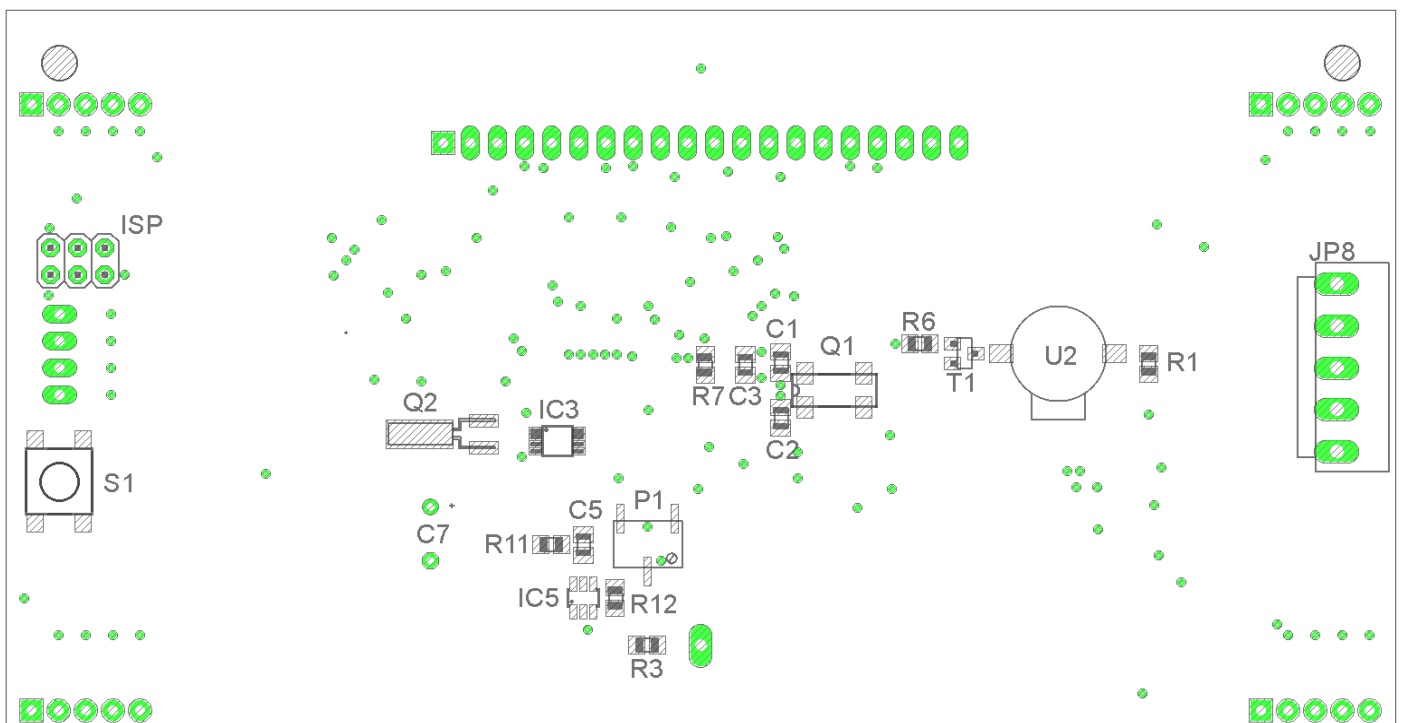


Abb. 10-4: Bestückungsplan BasisPCB Bottom

Teileliste

Qty	Value	Device	Package	Parts	Description
1	33	R-EU_R0805	R0805	R1	Resistor
1	2k2	R-EU_R0805	R0805	R2	Resistor
3	4k7	R-EU_R0805	R0805	R3, R4, R5	Resistor
1	8k2	R-EU_R0805	R0805	R6	Resistor
6	10k	R-EU_R0805	R0805	R7, R8, R9, R10, R11, R12	Resistor
1	10k	3269W	3269W	P1	Multiturn Trimmer Resistor
2	18p	C-EUC0805K	C0805K	C1, C2	Capacitor
4	100n	C-EUC0805K	C0805K	C3, C4, C5, C6	Capacitor
1	1F	CAP-13,5	PAC-G-1	C7	Capacitor, Goldcap
1	20MHz	MC-306	MC-306	Q1	MHz Range SMD Crystal
1	32.768 kHz	CMR200T	CMR200T	Q2	kHz Range SMD Crystal
1		BC817	SOT23	T1	NPN Transistor
1		M01PTH_LONGPAD	1X01_LONGPAD	JP1	Pin Header
1		PINHD-1X4	1X04	JP2	Pin Header
4		PINHD-1X5	1X05	JP3, JP4, JP5, JP6	Pin Header
1		PINHD-1X20	1X20	JP7	Pin Header
1		PINHD-2X3	2X03	ISP	Pin Header
1		B5P-VH-B	B5P-VH-B	JP8	JST Connector
1		ATMEGA328-AUR	TQFP32-08	IC1	AVR MCU
1		PCA9952	TSSOP28	IC2	Constant Current LED Driver
1		DS1339	μSOP8	IC3	Real Time Clock
1		TXB0102	DCU	IC4	Voltage - Level Translator
1		MTCH101	SOT23-6	IC5	Proximity Sensor
1		BC_05	BLUETOOTH_SMD	U1	BC-05 Bluetooth Module
1		254-MB553-RO	254-MB553-RO	U2	Magnetic Transducer
5	1k,2k	MPM	SOT23-3	U3, U4, U5, U6, U7	SMD Resistor Network
1		DTSM-6	DTSM-6	S1	Tactile Switch

SupplyPCB

Die folgenden Abbildungen zeigen das Platinenlayout für die Versorgungsplatine SupplyPCB im Maßstab 1:1.

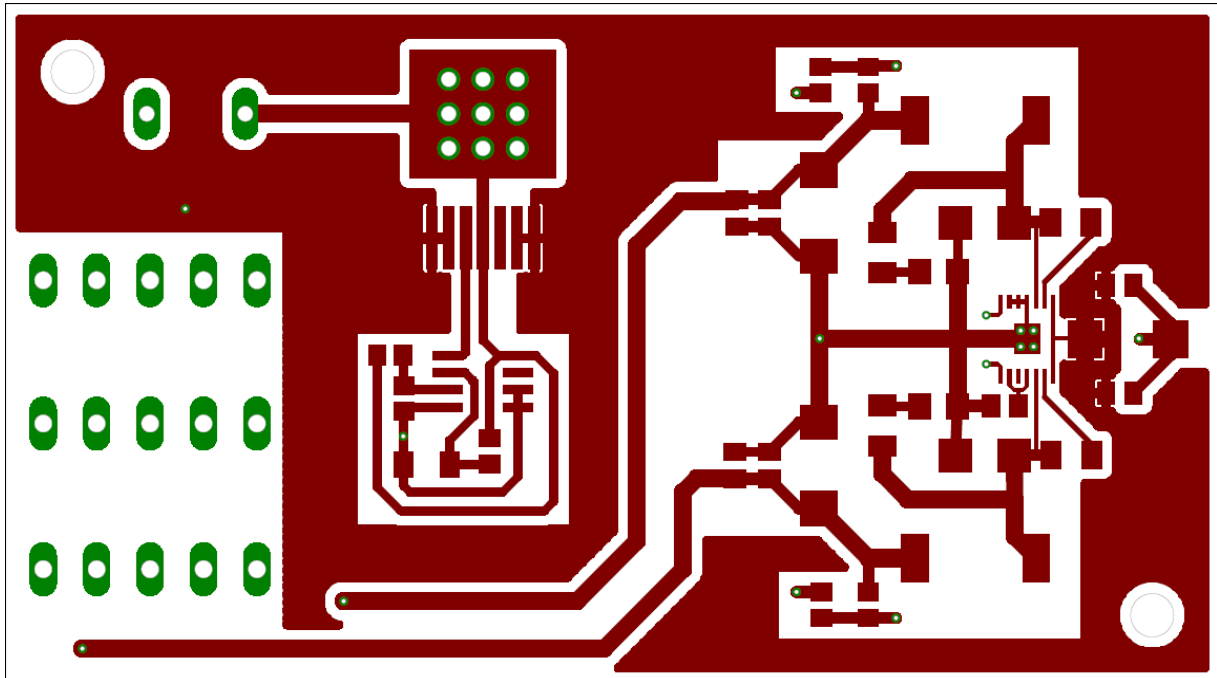


Abb. 10-5: Layout SupplyPCB Top

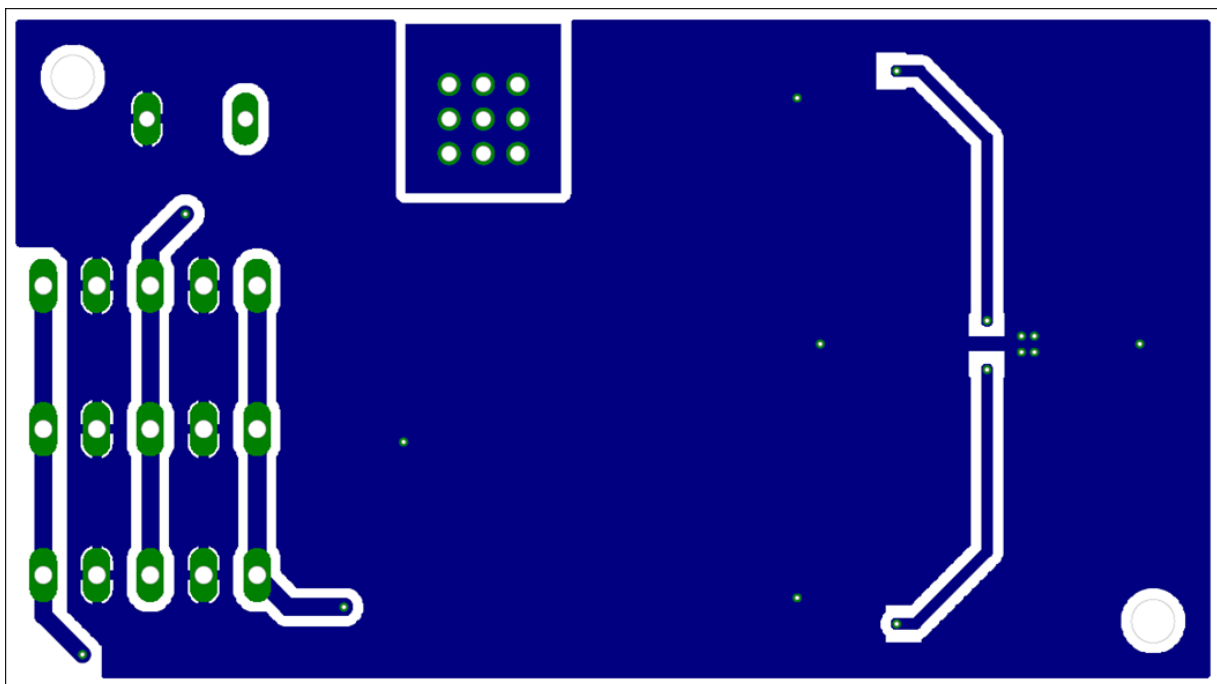


Abb. 10-6: Layout SupplyPCB gespiegelt Bottom

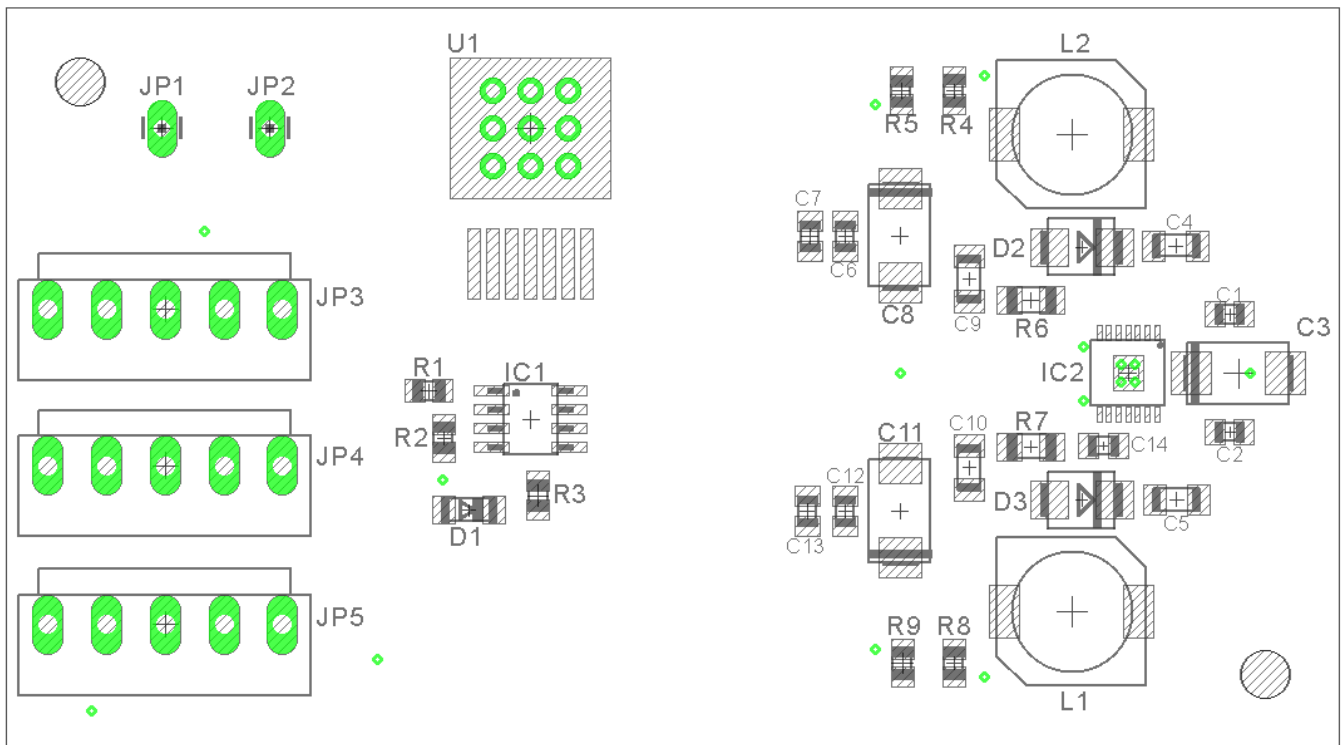


Abb. 10-7: Bestückungsplan SupplyPCB Top

Teileliste

Qty	Value	Device	Package	Parts	Description
1	150k	R-EU_R0805	R0805	R1	Resistor
2	100k	R-EU_R0805	R0805	R2, R3	Resistor
2	20k	R-EU_R0805	R0805	R4, R8	Resistor
1	3k83	R-EU_R0805	R0805	R5	Resistor
2	10	R-EU_R1206	R1206	R6, R7	Resistor
1	6k34	R-EU_R0805	R0805	R9	Resistor
6	10μ	C-EUC0805K	C0805K	C1, C2, C6, C7, C12, C13	Capacitor
3	100μ	CPOL-EUD/7343-31R	D/7343-31R	C3, C8, C11	Polarized Capacitor
2	33n	C-EUC1206K	C1206K	C4, C5	Capacitor
2	470p	C-EUC1206K	C1206K	C9, C10	Capacitor
1	4μ7	C-EUC0805K	C0805K	C14	Capacitor
2	22μ	L-EU	WE-PD1050	L1, L2	Inductor
2		M01PTH_LONGPAD	1X01_LONGPAD	JP1, JP2	Pin Header
3		B5P-VH-B	B5P-VH-B	JP3, JP4, JP5	JST Connector
1		TZMB6V2	SOD80C	D1	Zener Diode
2		MBRS320	SMB	D2, D3	Schottky Power Diode
1		LM393	SO08	IC1	Comparator
1		TPS54383	HTSSOP-14	IC2	Step - Down Converter
1		BTS50055	PG-TO220-7-4	U1	High - Side Switch

WristPCB

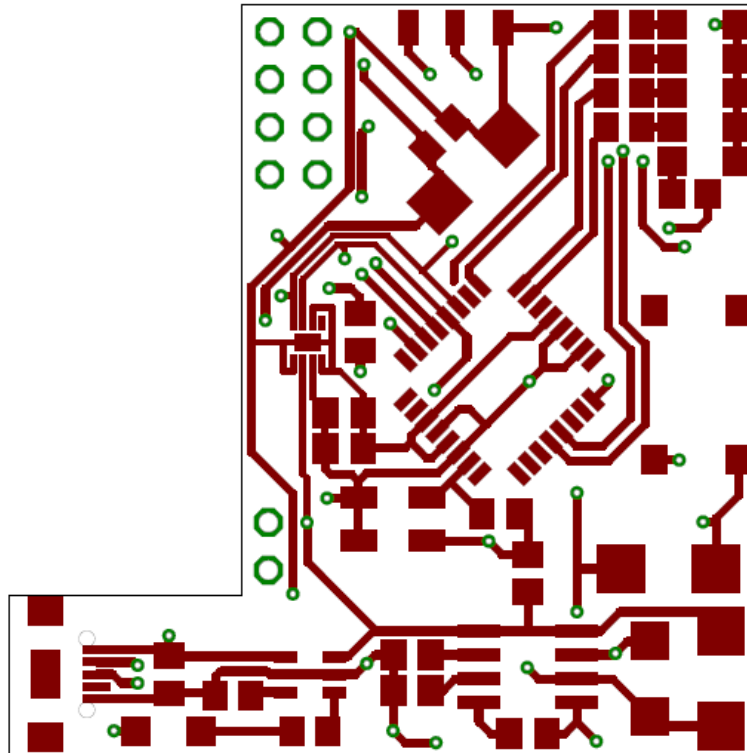


Abb. 10-8: Layout WristPCB Top

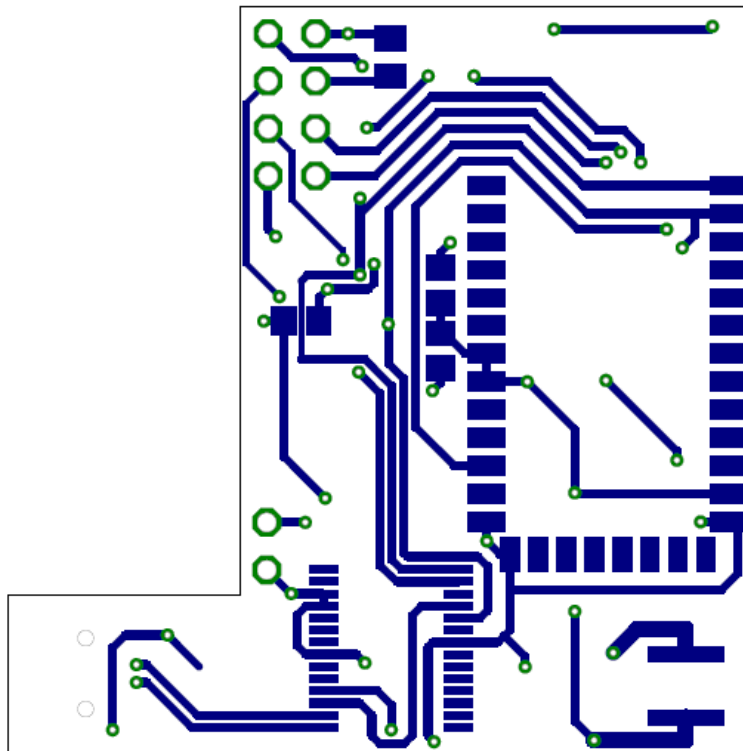


Abb. 10-9: Layout WristPCB gespiegelt Bottom

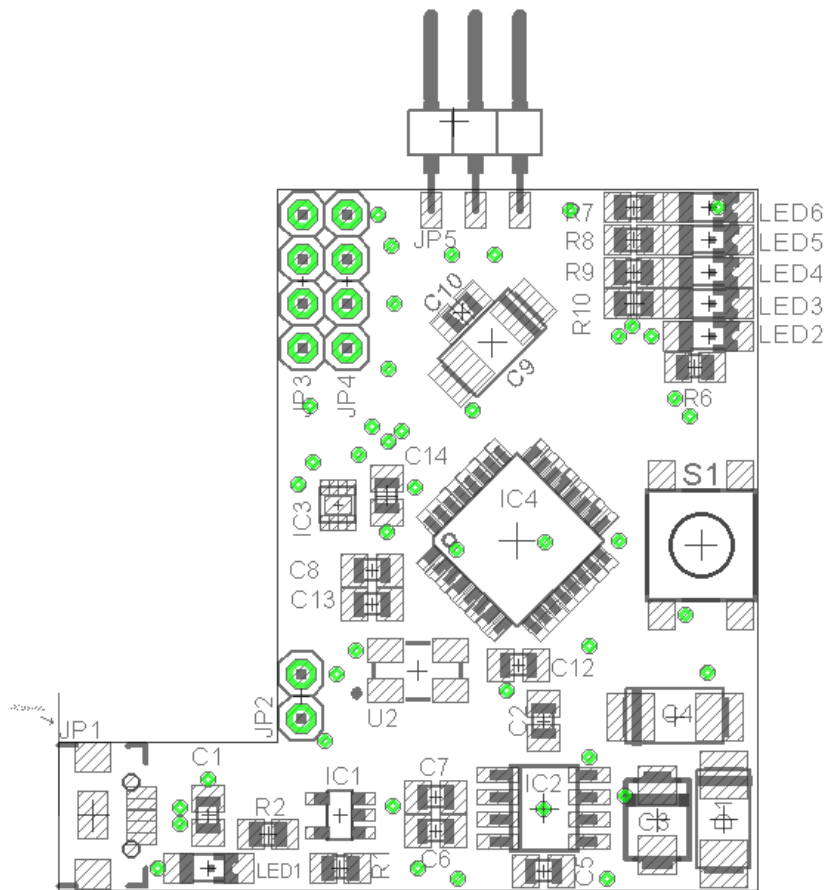


Abb. 10-10: Bestückungsplan WristPCB Top

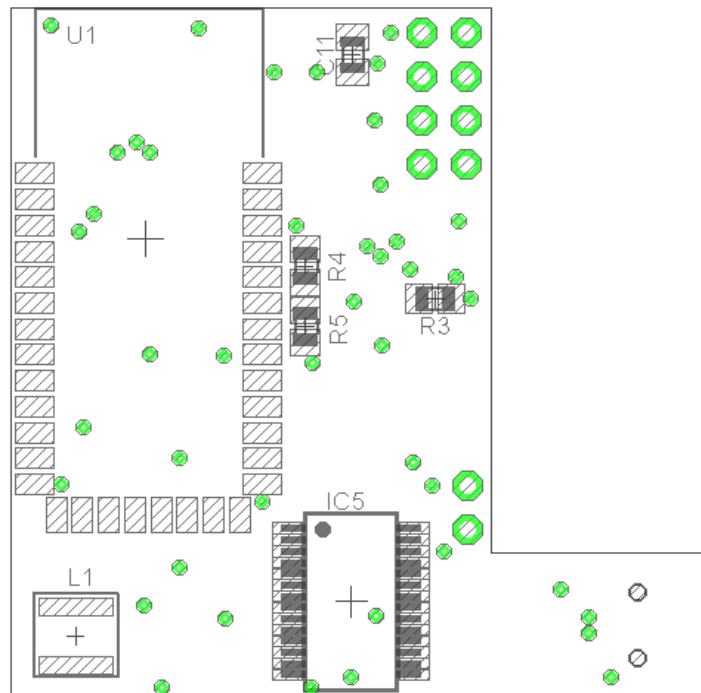


Abb. 10-11: Bestückungsplan WristPCB gespiegelt Bottom

Teileliste

Qty	Value	Device	Package	Parts	Description
1	270	R-EU_R0805	R0805	R1	Resistor
2	10k	R-EU_R0805	R0805	R2, R3	Resistor
2	4k7	R-EU_R0805	R0805	R4, R5	Resistor
1	470	R-EU_R0805	R0805	R6	Resistor
2	1k	R-EU_R0805	R0805	R7, R8	Resistor
2	300	R-EU_R0805	R0805	R9, R10	Resistor
1	4µ7	C-EUC0805K	C0805K	C1	Capacitor
1	1µ	C-EUC0805K	C0805K	C2	Capacitor
1	330p	C-EUC0805K	C0805K	C5	Capacitor
1	47n	C-EUC0805K	C0805K	C6	Capacitor
1	1n	C-EUC0805K	C0805K	C7	Capacitor
5	100n	C-EUC0805K	C0805K	C8, C10, C11, C13, C14	Capacitor
1	18p	C-EUC0805K	C0805K	C12	Capacitor
1	68µ	CPOL-EUC/6032-28R	C/6032-28R	C3	Polarized Capacitor
1	100µ	CPOL-EUC/6032-28R	C/6032-28R	C4	Polarized Capacitor
1	10µ	CPOL-EUC/6032-28R	C/6032-28R	C9	Polarized Capacitor
1	22µH	L-EU	5030-223	L1	Inductor
1		MICRO_USB_B	USB-B-MICRO-SMD	JP1	USB Micro-B connectors
1		PINHD-1X2_2.54	1X02	JP2	Pin Header
1		PINHD-1X3_2.54-SMD-90°	1X03SMD/90	JP5	Pin Header
2		PINHD-1X4_2.54	1X04	JP3, JP4	Pin Header
2	GR	LEDCHIPLED_1206	CHIPLED_1206	LED1, LED3	SMD LED
1	BL	LEDCHIPLED_1206	CHIPLED_1206	LED2	SMD LED
1	GL	LEDCHIPLED_1206	CHIPLED_1206	LED4	SMD LED
1	OR	LEDCHIPLED_1206	CHIPLED_1206	LED5	SMD LED
1	RT	LEDCHIPLED_1206	CHIPLED_1206	LED6	SMD LED
1		MBRA340	SMA	D1	Schottky Power Rectifier
1		MCP73831	SOT23-5	IC1	Li+ Charger
1		MAX763	SOIC08	IC2	Step - Down Converter
1		MAX17058	TDFN8	IC3	Fuel Gauge
1		ATMEGA328P	TQFP32	IC4	AVR MCU
1		FT232RL	SSOP28	IC5	USB-UART Translator
1		BC_05	BLUETOOTH_SMD	U1	BC-05 Bluetooth Module
1		OSCILLATOR_5X3	CRYSTAL-OSC-SMD-5X3	U2	Oscillator
1		DTSM-6	DTSM-6	S1	Tactile Switch

10.2 Konstruktionspläne

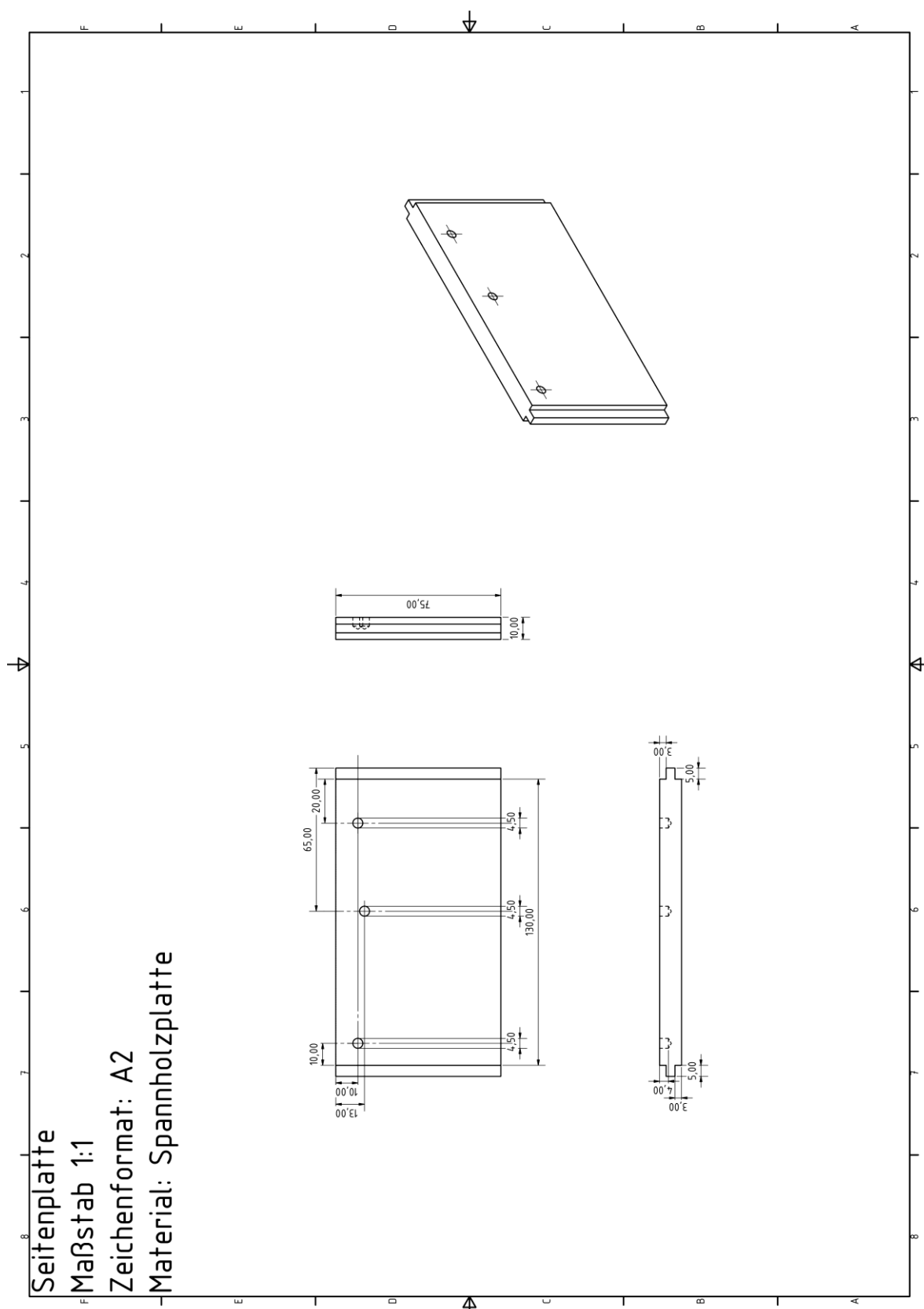


Abb. 10-12: Konstruktionszeichnung Basissegment Seitenplatte

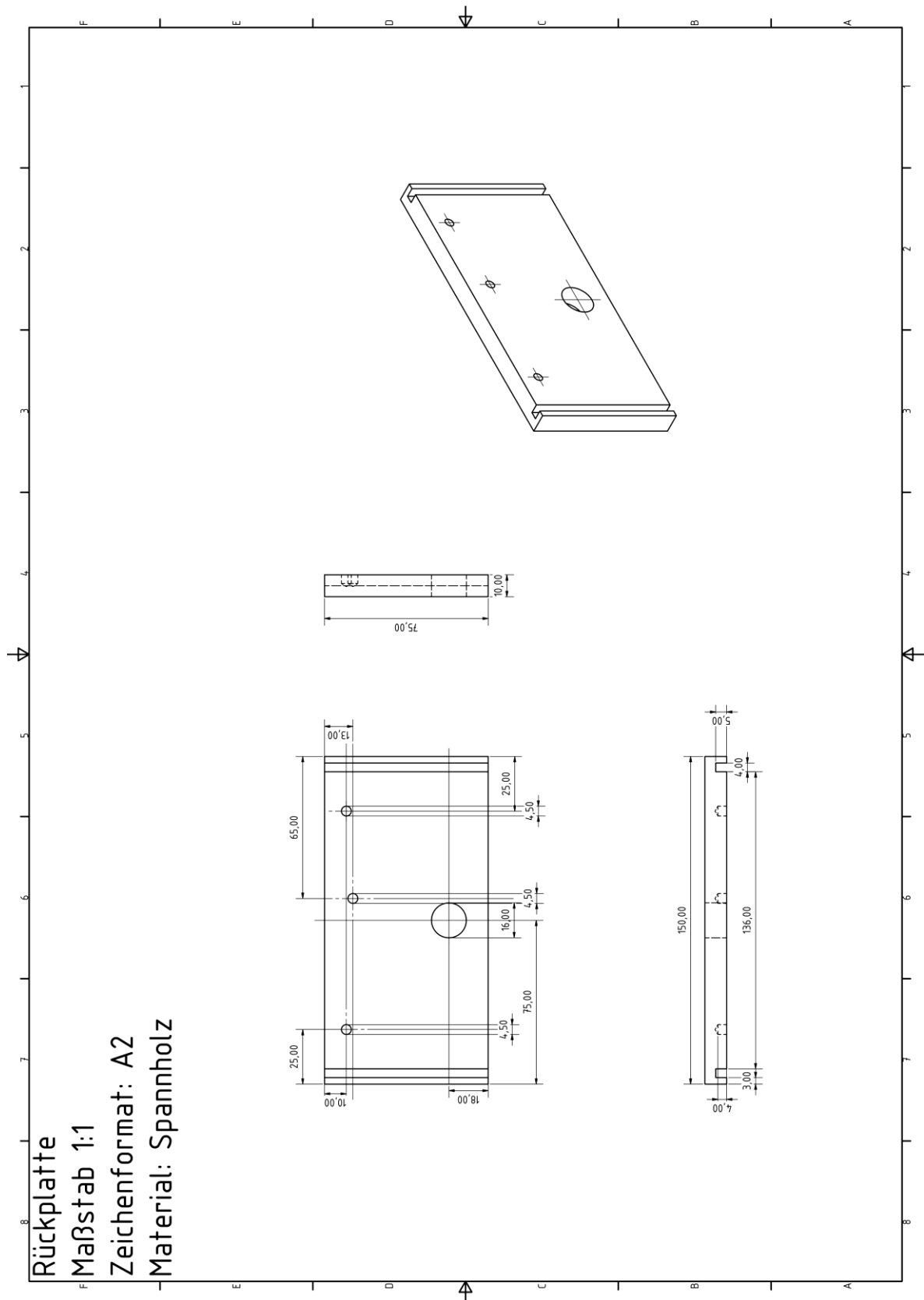


Abb. 10-13: Konstruktionszeichnung Basissegment Rückplatte

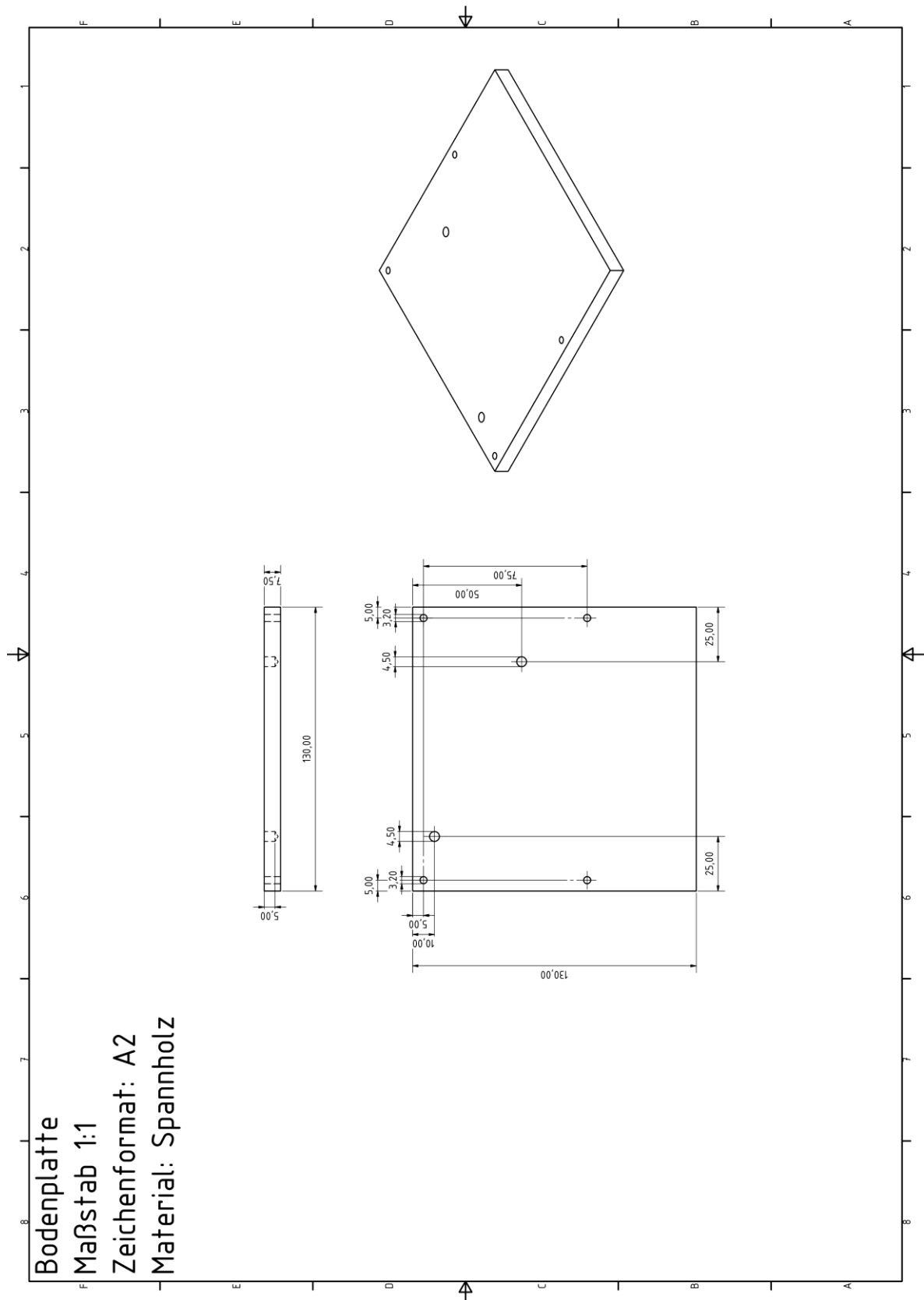


Abb. 10-14: Konstruktionszeichnung Basissegment Bodenplatte

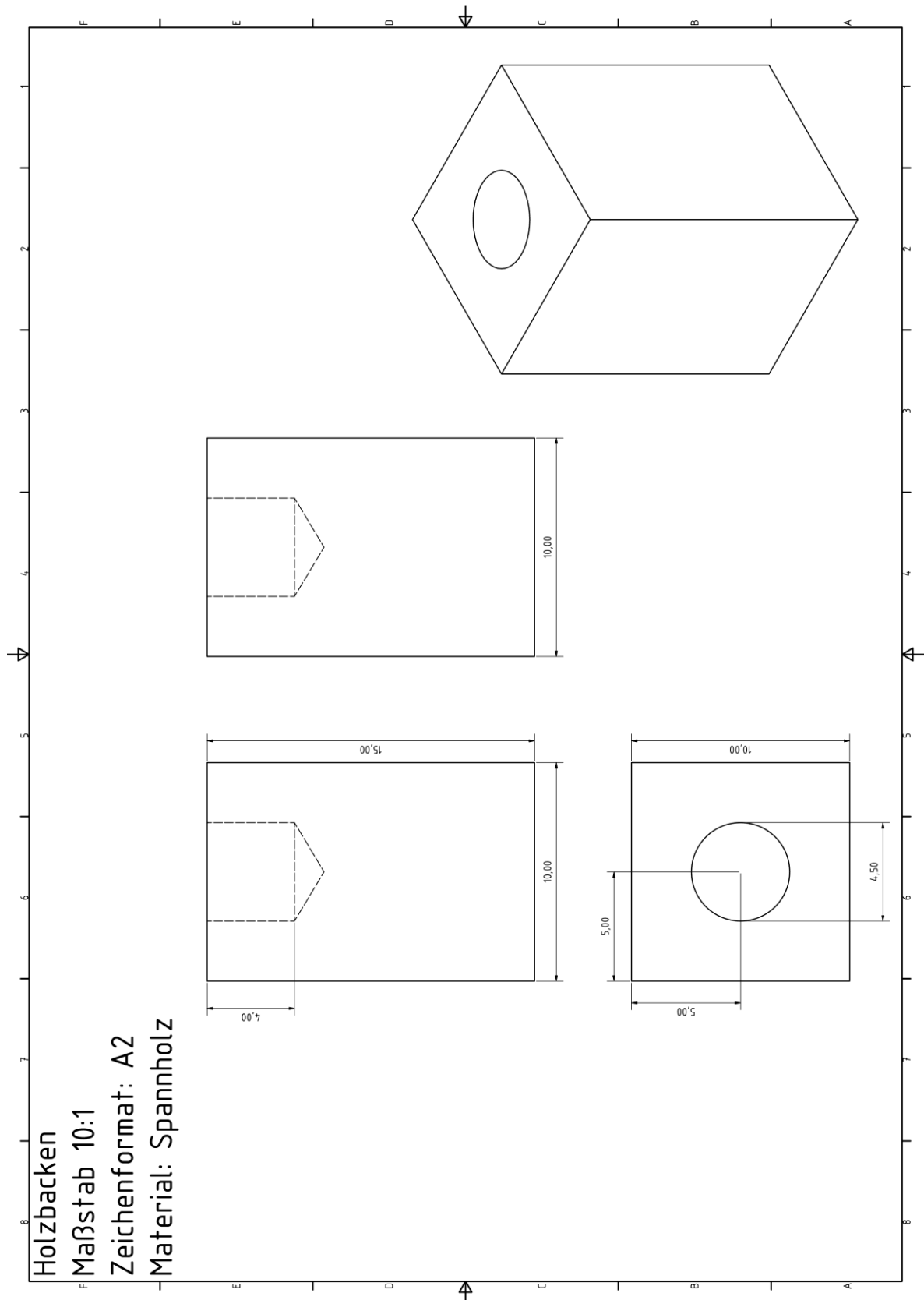


Abb. 10-15: Konstruktionszeichnung Basissegment Holzbacken

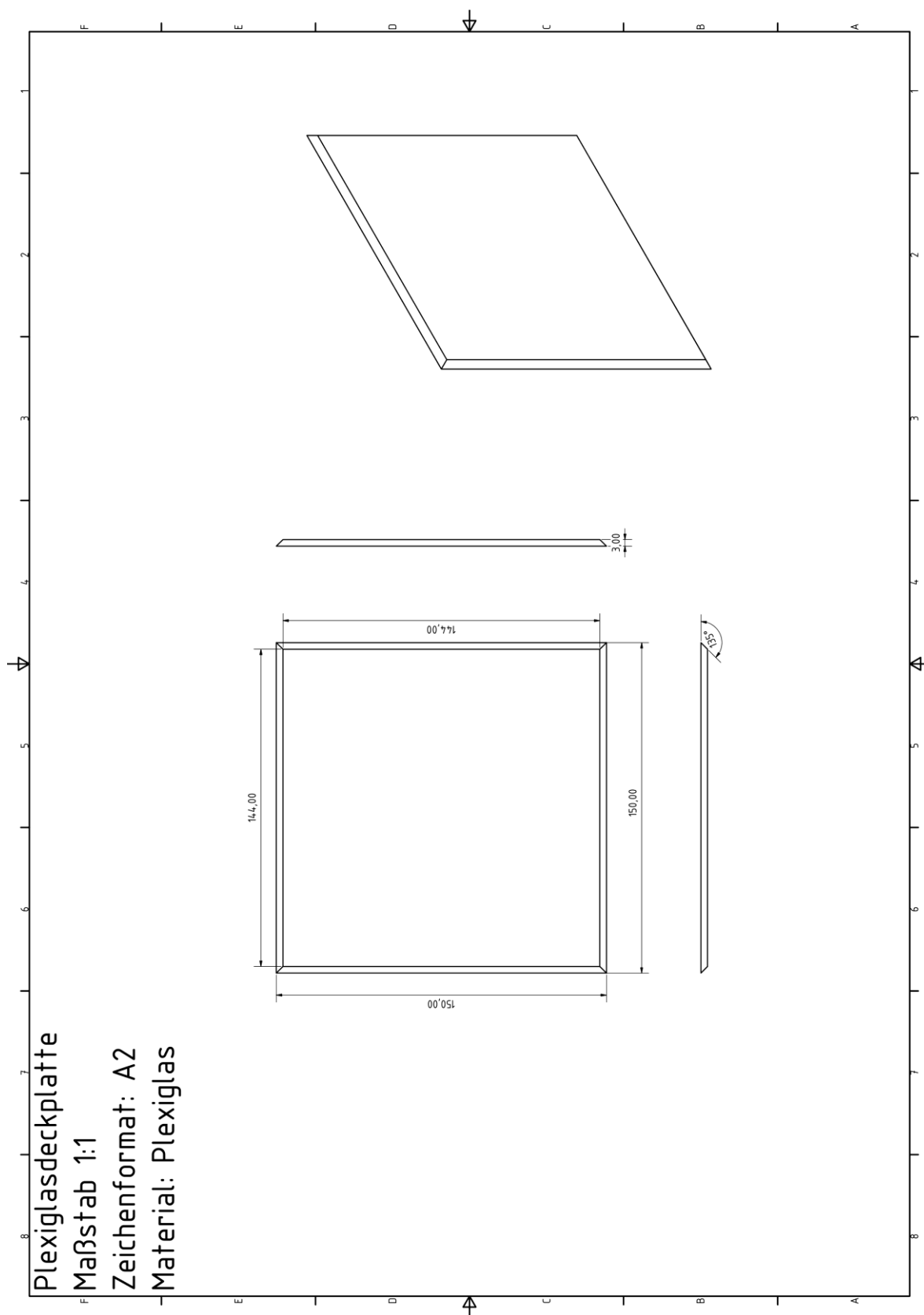


Abb. 10-16: Konstruktionszeichnung Basissegment Diffusor Plexiglasdeckplatte

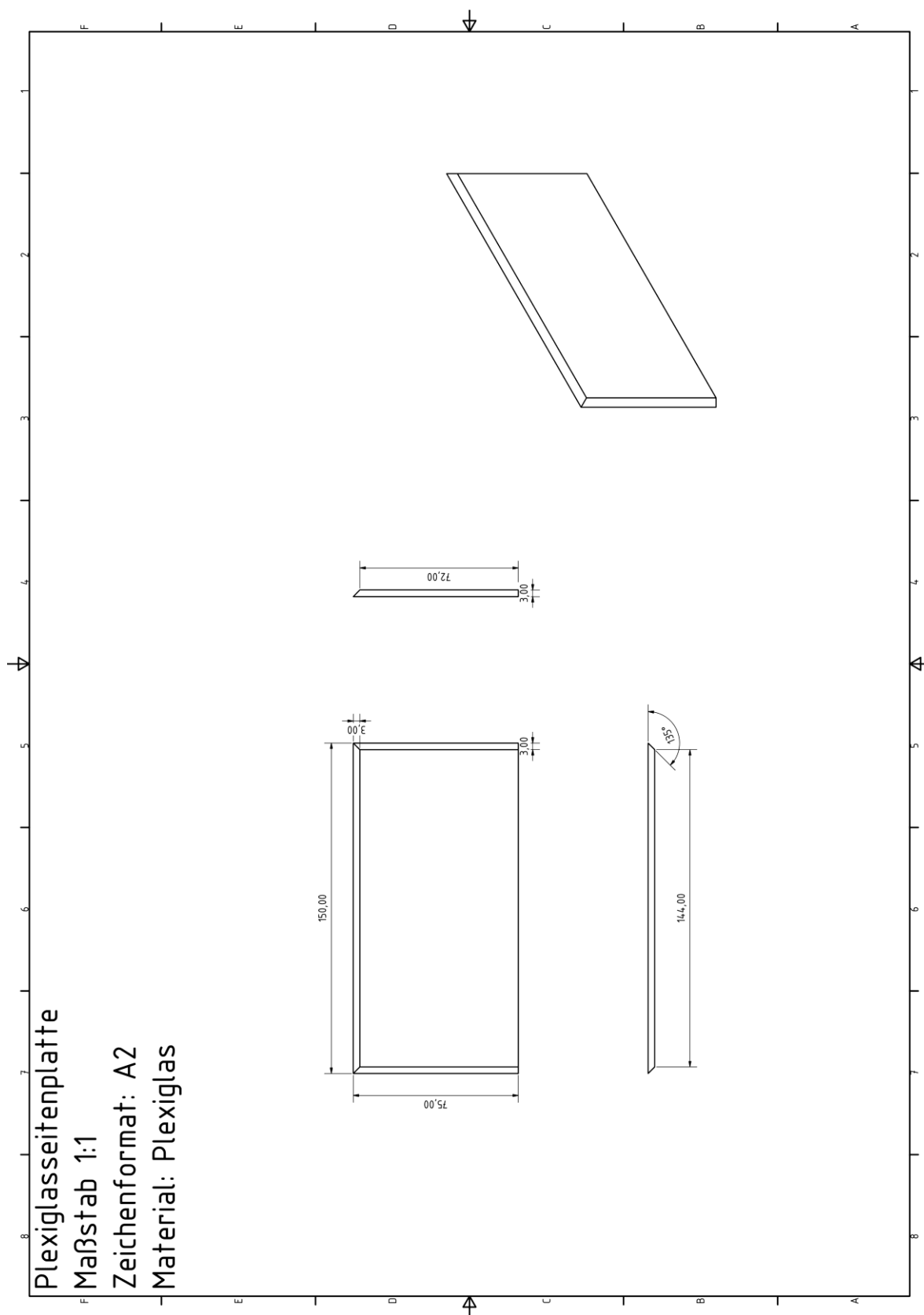


Abb. 10-17: Konstruktionszeichnung Basissegment Diffusor Plexiglasseitenplatte

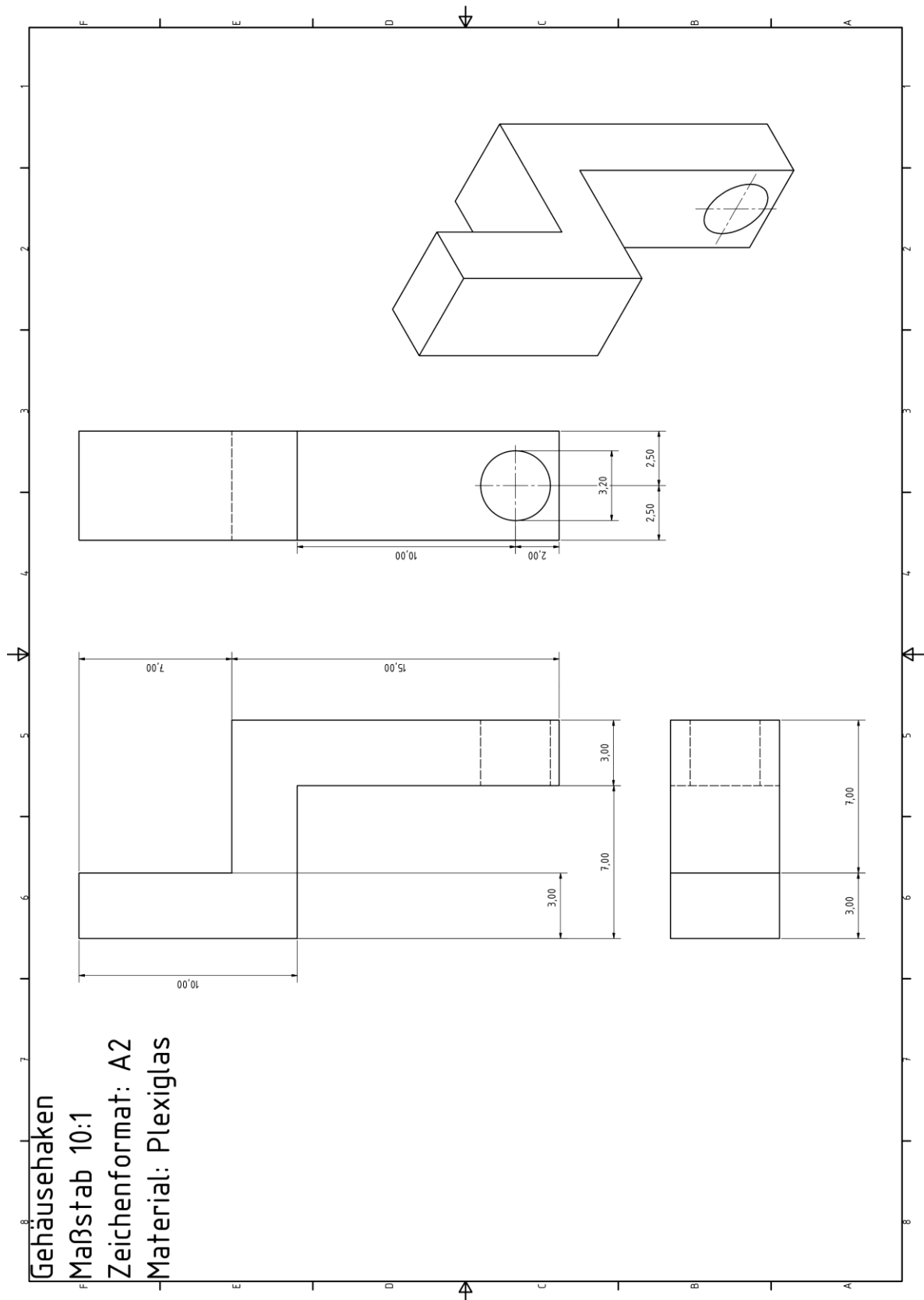


Abb. 10-18: Konstruktionszeichnung Basissegment Gehäusehaken

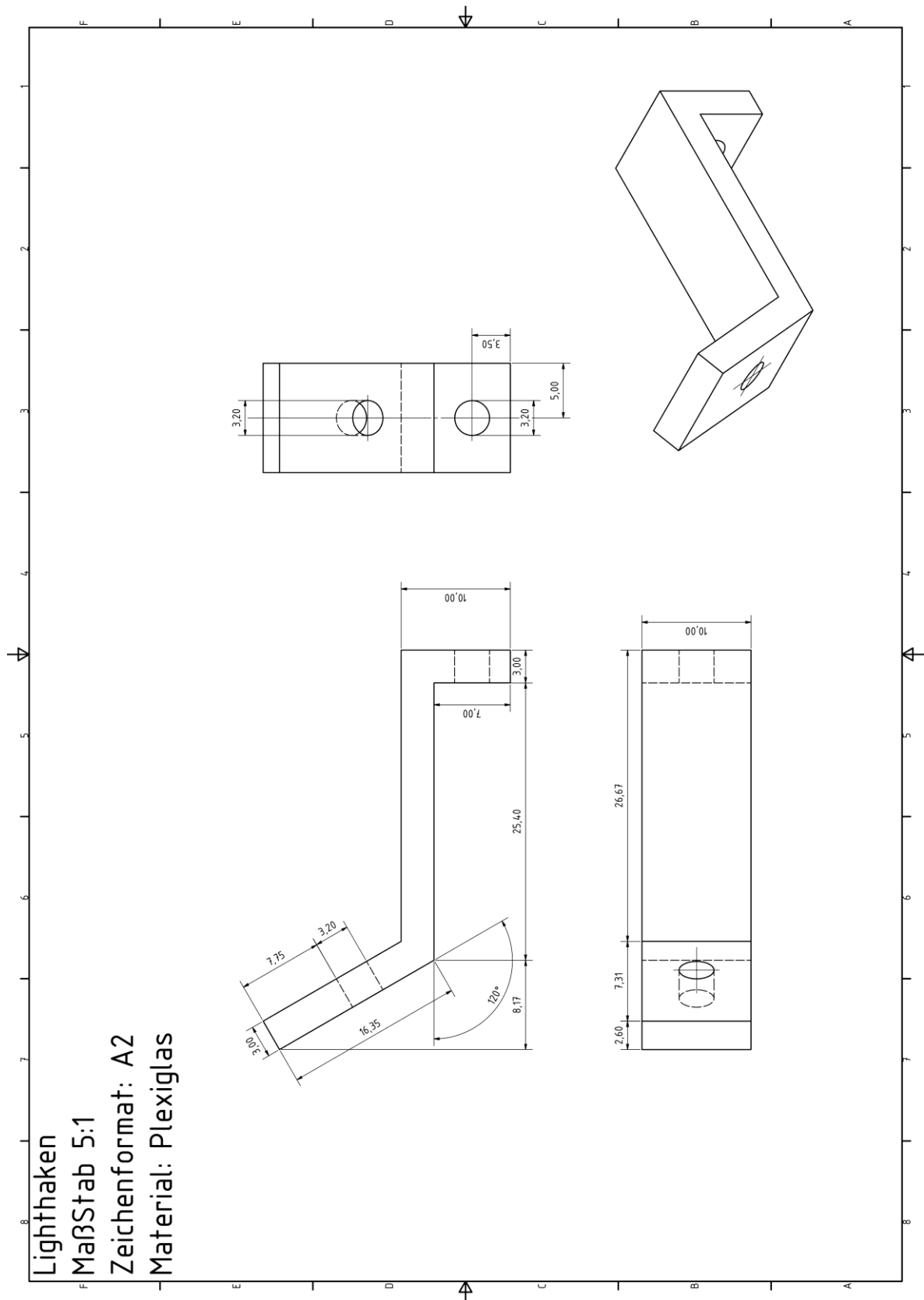


Abb. 10-19: Konstruktionszeichnung Basissegment Lighthaken

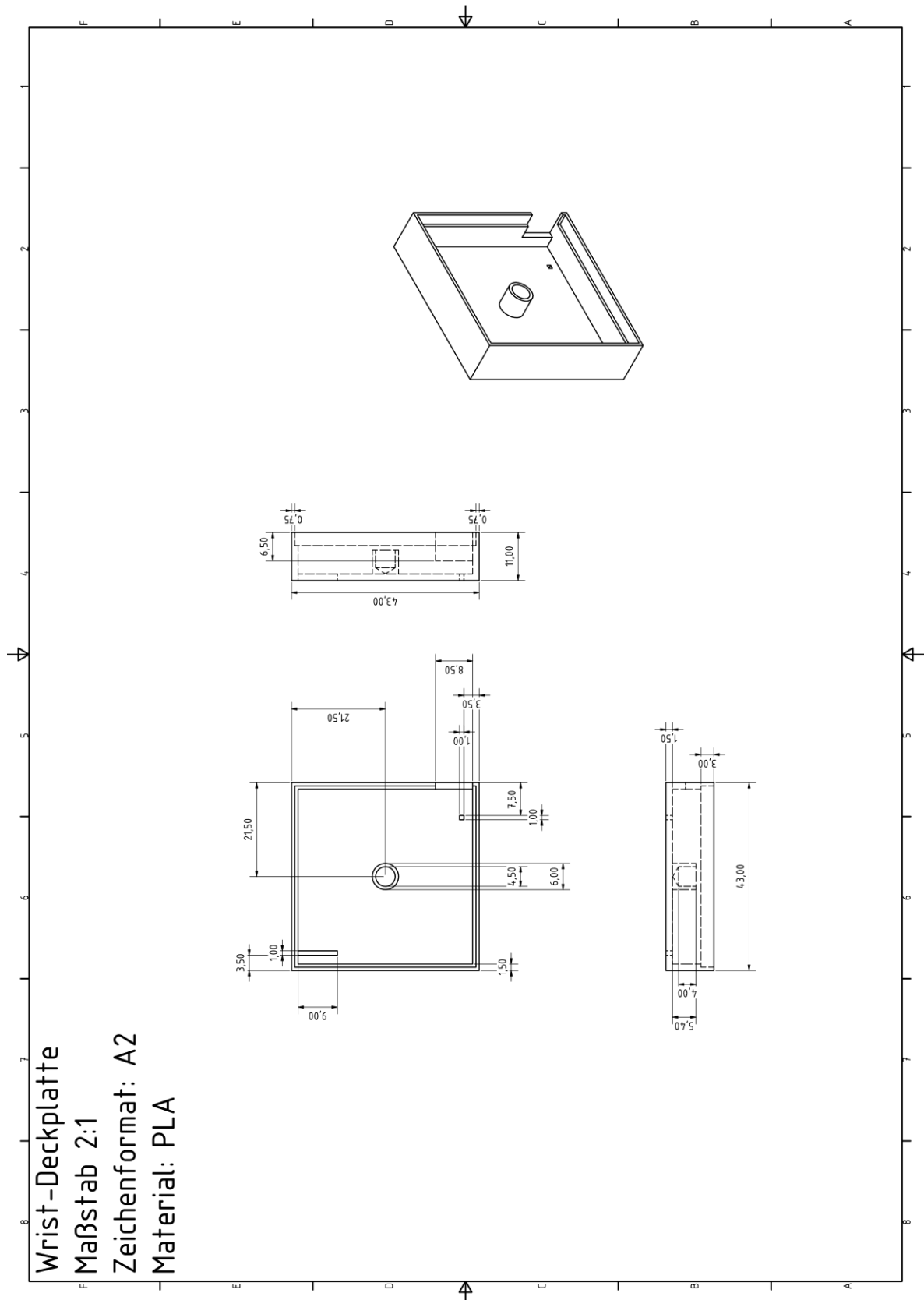


Abb. 10-20: Konstruktionszeichnung Sensorsegment Deckplatte

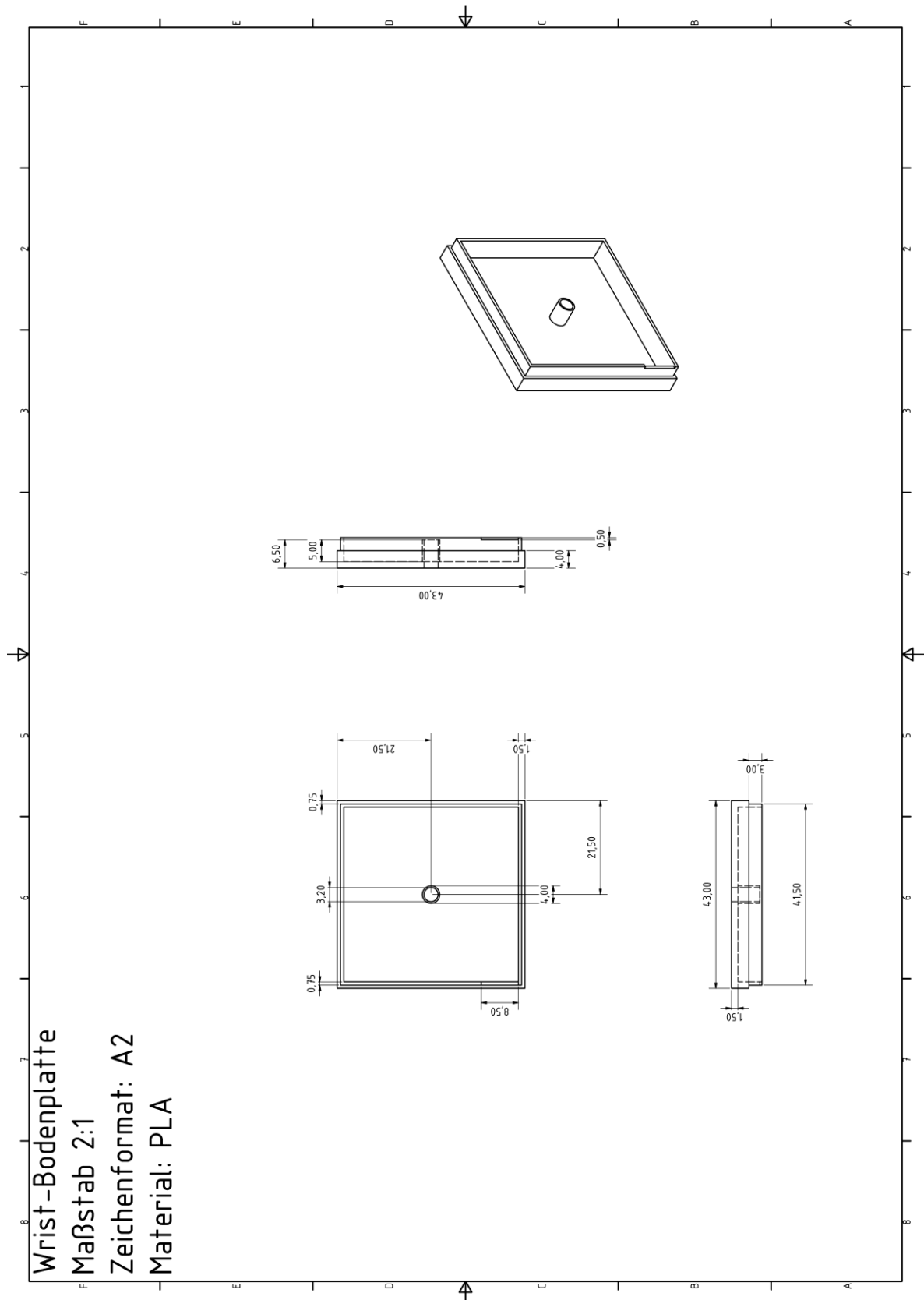


Abb. 10-21: Konstruktionszeichnung Sensorsegment Bodenplatte

10.3 Programm Code

10.3.1 Ansteuerung des Displays

Um die Ansteuerung des OLED Displays möglichst einfach zu gestalten, wird eine öffentlich verfügbare Library zur Ansteuerung von verschiedensten grafischen monochromen Displays namens „u8glib“ verwendet. In dem folgenden Text wird die Anwendung der wichtigsten Funktionen näher erläutert.

```
void display_init(void)
```

Die Methode zur Initialisierung „u8g_InitSPI“ wird mit den Folgenden Parametern zur Initialisierung des Displays über den SPI Bus verwendet:

```
u8g_InitSPI(&u8g, &u8g_dev_ssd1322_nhd31oled_2x_gr_hw_spi, PN(1,5), PN(1,3), PN(1,2), PN(1,1), PN(1,0));
```

„&u8g“ stellt eine eigene Struktur da, welche alle benötigten Variablen für die Library beinhaltet. „u8g_dev_ssd1322_nhd31oled_2x_gr_hw_spi“ ist der Controller des Displays (SSD1322), welches benutzt wird. Die einzelnen „PN“ sind die zugewiesenen Ports des Mikrocontrollers für die SPI Schnittstelle:

```
PN(1,5) = SCK, PN(1,3) = MOSI, PN(1,2) = CS, PN(1,1) = D/C, PN(1,0) = RESET.
```

```
void font_x(void)
```

Bevor etwas auf dem Display geschrieben bzw. gezeichnet werden kann, muss zuerst diese Methode ausgeführt werden. Der Buchstabe „x“ steht für die jeweilige Font Einstellung. Die Methode ist für die Konfiguration der Graustufe und der Schriftart verantwortlich. Die Graustufe wird mit der Funktion „u8g_SetColorIndex(&u8g, value);“ gesetzt, hierfür wird für den Wert „value“ eine ganzzahlige Zahl zwischen 1 bis 15 gewählt. Die Schriftart wird über die Funktion „u8g_SetFont(&u8g, value);“ gesetzt. In der Library stehen verschiedenste Schriftarten zur Verfügung, welche in der Funktion an die Stelle von „value“ eingefügt werden müssen.

```
u8g_DrawStr(&u8g, x, y, *string)
```

Zeichnet eine Zeichenkette beginnend an den gewählten x und y Koordinaten. Die Koordinaten stellen hierbei die linke untere Ecke des ersten Zeichens da. Die zu zeichnende Zeichenkette kann in einem `char` Array gespeichert, oder direkt der Methode übergeben werden.

10.3.2 Ansteuerung der LEDs

```
void LED_Base(char adr, char value)
```

Alle LED's der Hauptplatine, welche für die Hintergrundbeleuchtung der Tasten zuständig sind, können mithilfe dieser Methode gesteuert werden. Die Stelle mit `adr` steht für die entsprechende Adresse der LED und mit `value` kann die Helligkeit der LED, über Pulsweitenmodulation, bestimmt werden.

Der Wert für `value` muss sich im Bereich von 0 bis 255 befinden.

```
void LED_Triangle_1(char adr, char value)
void LED_Triangle_2(char adr, char value)
void LED_Triangle_3(char adr, char value)
void LED_Triangle_4(char adr, char value)
```

Mithilfe dieser Methoden können die entsprechenden Seiten des Platinenkonstrukts LightPCB angesprochen werden. Die Stelle mit `adr` steht auch hier wieder für die entsprechende Adresse der LED, und `value` entspricht Helligkeit der LED. Der Wert für `value` muss sich im Bereich von 0 bis 255 befinden.

```
void LED_Custom(unsigned int LED, unsigned char red, unsigned char green, unsigned char blue);
```

Dies ist eine erweiterte Version der oberen `LED_Triangle_x` Funktionen. Mit dieser Funktion ist es möglich alle RGB-LED's anzusteuern und die jeweiligen Werte für rot, grün und blau zu bestimmen. Um eine bestimmte RGB LED anzusprechen wird für `LED` entsprechend eine Zahl von 1 bis 32 gewählt. Für die Intensität der Farben rot, grün und blau wird jeweils ein Wert im Bereich von 0 bis 255 gewählt.

```
void Phase_One(int PWM[])
.
.
.
void Phase_Ten(int PWM[])
void Phase_End_on()
void Phase_End_off()
```

Diese Funktionen sind für die verschiedenen Phasen beim simulieren des Sonnenaufgangs zuständig. Sie enthalten Konfigurationsmöglichkeiten für die Länge und Farbe der einzelnen Phasen.

10.3.3 Ansteuerung der RTC

```
void date_set_value(uint8_t dow, uint8_t d, uint8_t m, uint8_t y)
```

Mithilfe dieser Funktion wird das Datum der RTC gesetzt.
Wochentag(=`dow`), Tag(=`d`), Monat(=`m`) Jahr(=`y`).

```
void date_get_value(void)
```

Um das aktuelle Datum der RTC auszulesen wird diese Funktion benutzt. Es werden die entsprechenden Register angesprochen und in Variablen gespeichert. Die Werte werden anschließend mit der Funktion `u8g_DrawStr` am Display ausgegeben. Da die Werte, welcher von der RTC ausgelesen werden, nur ganze Zahlen darstellen, müssen Sie zuvor in einem switch-case in ein verwendbares Format gebracht werden.

```
void time_set_value(uint8_t s, uint8_t m, uint8_t h)
```

Mithilfe dieser Funktion wird das Datum der RTC gesetzt.
Stunde(=`h`), Minute(=`m`) Sekunde(=`s`).

```
void time_get_value(void)
```

Um die aktuelle Uhrzeit der RTC auszulesen wird diese Funktion benutzt. Es werden die entsprechenden Register angesprochen und in Variablen gespeichert. Die Werte werden anschließend mit der Funktion `u8g_DrawStr` am Display ausgegeben. Da die Werte, welcher von der RTC ausgelesen werden, nur ganze Zahlen darstellen, müssen Sie zuvor in einem switch-case in ein verwendbares Format gebracht werden.

```
void adjust_time(void)
```

Diese Funktion wird benötigt um die Uhrzeit über die Bedienoberfläche konfigurieren zu können. Sie beinhaltet die Funktion `time_set_value` sowie Code für die Abfrage der Silikontasten.

```
void adjust_date(void)
```

Diese Funktion wird benötigt um das Datum über die Bedienoberfläche konfigurieren zu können. Sie beinhaltet die Funktion `date_set_value` sowie Code für die Abfrage der Silikontasten.

```
void alarm(void)
```

Diese Funktion wird benötigt um die Weckzeit über die Bedienoberfläche konfigurieren zu können. Sie beinhaltet die Funktionen für die RTC sowie für das Display.

10.3.4 Methode zur Leichtschlafphasenerkennung

Die folgenden Zeilen zeigen die Methode zur Erkennung der Leichtschlafphase. Grundlegend werden lediglich in 10ms (basierend auf den 100Hz in welchen der Beschleunigungssensor neue Daten bereitstellt) Abständen Beschleunigungswerte ausgelesen und jeweils von den zuvor erhaltenen Werten abgezogen, um somit die momentane Beschleunigungsänderung zu errechnen. Anschließend wird noch der Betrag des Ergebnisses genommen und überprüft ob eine der 3 Achsen den Schwellenwert überschreitet. Tritt dieser Fall ein wird eine boolsche Variable gesetzt welche nun von dem Sensorsegment übertragen werden kann. Obgleich diese Methode äußerst simpel erscheint, hat sich dies in anwendungsnahen Versuchen sich als brauchbar erwiesen.

<pre>void CheckState() { double xOld = 0, yOld = 0, zOld = 0; double x, y, z; double xDif = 0, yDif = 0, zDif = 0; xOld = GetX(); yOld = GetY(); zOld = GetZ(); _delay_ms(10); x = GetX(); y = GetY(); z = GetZ(); xDif = x - xOld; if (xDif < 0.0) xDif *= -1.0; yDif = y - yOld; if (yDif < 0.0) yDif *= -1.0; zDif = z - zOld; if (zDif < 0.0) zDif *= -1.0; if ((xDif > StateTresholdX) (yDif > StateTresholdY) (zDif > StateTresholdZ)) { state = true; PORTC = (1 << PC3); } }</pre>	
<pre>double xOld = 0, yOld = 0, zOld = 0; double x, y, z; double xDif = 0, yDif = 0, zDif = 0;</pre>	Hier erfolgt die Definition aller notwendigen Variablen.
<pre>xOld = GetX(); yOld = GetY(); zOld = GetZ();</pre>	Mithilfe der GetX/Y/Z() Funktionen werden die ersten Werte ausgelesen.
<pre>_delay_ms(10);</pre>	10ms Pause.
<pre>x = GetX(); y = GetY(); z = GetZ();</pre>	Nun werden die zweiten Werte ausgelesen.
<pre>xDif = x - xOld; if (xDif < 0.0) xDif *= -1.0; yDif = y - yOld; if (yDif < 0.0) yDif *= -1.0; zDif = z - zOld; if (zDif < 0.0) zDif *= -1.0;</pre>	Hier werden die beiden Werte voneinander abgezogen und der Betrag des Endwerts gebildet.
<pre>if ((xDif > StateTresholdX) (yDif > StateTresholdY) (zDif > StateTresholdZ)) { state = true; PORTC = (1 << PC3); }</pre>	Dies überprüft ob eine der Achsen den Schwellenwert überschreitet und setzt Fallweise eine Variable.

10.4 Zeitübersicht der Schüler

Woche	Algan	Stunden	Kainz	Stunden	Kalkbrenner	Stunden
41	Planung	20	Planung	20	Planung	20
42	Zeitaufstellung, Planung	15	Zeitaufstellung, Planung	15	Zeitaufstellung, Planung	15
43	Entwurf der Schaltpläne	5	Entwurf der Schaltpläne	5	Entwurf der Schaltpläne	15
44	Entwurf der Schaltpläne	5	Entwurf der Schaltpläne	5	Entwurf der Schaltpläne	15
45	Konzeptentwurf Software BasisPCB	10	Entwurf der Schaltpläne	5	Entwurf der Schaltpläne	15
46	Konzeptentwurf Software BasisPCB	10	Entwurf der Platinenlayouts	15	Entwurf der Platinenlayouts	2,5
47	Konzeptentwurf Software WristPCB	10	Entwurf der Platinenlayouts	15	Entwurf der Platinenlayouts	2,5
48	Konzeptentwurf Software WristPCB	10	Entwurf der Platinenlayouts	15	Entwurf der Platinenlayouts	2,5
49	Bestückung SupplyPCB	10	Bestückung BasisPCB	10	Bestückung Wrist PCB	10
50	Bestückung LightPCB	10	Herstellen von Verbindungskabel	10	Programmierung WristPCB	10
51	Programmierung BasisPCB	10	Gehäuseentwurf Basissegment	10	Programmierung WristPCB	10
52	Programmierung BasisPCB	10	Gehäuseentwurf Basissegment	10	Neuentwurf WristPCB	10
1	Programmierung BasisPCB	10	Gehäuseentwurf Basissegment	10	Neuentwurf WristPCB	10
2	Programmierung BasisPCB	10	Gehäuseentwurf Sensorsegment	8	Neuentwurf WristPCB	10
3	Programmierung BasisPCB	10	Gehäuseentwurf Sensorsegment	8	Programmierung WristPCB	10
4	Programmierung BasisPCB	10	Herstellung Gehäuse	7	Programmierung WristPCB	10
5	Programmierung BasisPCB	10	Herstellung Gehäuse	7	Programmierung WristPCB	10
6	Programmierung BasisPCB	10	Herstellung Gehäuse	7	Programmierung WristPCB	10
7	Anpassung Wrist-BasisPCB	10	Messung SupplyPCB	5	Messung SupplyPCB	5
8	Anpassung LED Muster	10	Messung BasisPCB	5	Messung BasisPCB	5
9	User Interface Korrekturen	10	Messung WristPCB	5	Messung WristPCB	5
10	Test Gesamtfunktion	3	Test Gesamtfunktion	3	Test Gesamtfunktion	3
11	Feinabstimmungen der Software	5	Abschließende Messungen	5	Feinabstimmungen der Software	5
12	Feinabstimmungen der Software	5	Abschließende Messungen	5	Feinabstimmungen der Software	5
Summe		228			215,5	

11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Basissegments mit Gehäuse und aktiven Display	3
Abb. 1-2: Bases segment with enclosure and active display.....	5
Abb. 5-1: Hypnogramm eines durchschnittlichen Menschen.....	10
Abb. 5-2: Illustrative Anwendungsdarstellung der beiden Einheiten.....	16
Abb. 7-1: BC04 Modul	16
Abb. 7-2: HM11 Modul	16
Abb. 7-3: NHD-3.12-25664UCY2	16
Abb. 8-1: Blockschaltbild Systemüberblick	16
Abb. 8-2: Blockschaltbild SupplyPCB	16
Abb. 8-3: Pinbelegung Versorgungsstecker.....	17
Abb. 8-4: Funktionale Aufteilung Top.....	17
Abb. 8-5: Blockschaltbild BasisPCB	18
Abb. 8-6: Funktionale Aufteilung Top.....	19
Abb. 8-7: Funktionale Aufteilung gespiegelt Bottom	19
Abb. 9-1: Gehäuse Frontplatte Konstruktionsplan	30
Abb. 9-2: Schaltplan BasisPCB	31
Abb. 9-3: Schaltplan SupplyPCB	33
Abb. 9-4: Prinzipschaltung Komparator.....	34
Abb. 9-5: Darstellung Spannungsconfiguration	35
Abb. 9-6: Schaltplan LightPCB	36
Abb. 9-7: Top Layout LightPCB	37
Abb. 9-8: Bottom Layout LightPCB	37
Abb. 9-9: Bestückungsplan Top LightPCB.....	38
Abb. 9-10: Bestückungsplan gespiegelt Bottom LightPCB	38
Abb. 9-11: Diffusor Ausleuchtung.....	39
Abb. 9-12: Schaltplan WristPCB	40
Abb. 10-1: Spannungsverlauf.....	48
Abb. 10-2: Welligkeit 3,3V Ausgang.....	500
Abb. 10-3: Welligkeit 5V Ausgang	500
Abb. 10-4: Temperaturverlauf Step – Down Regler.....	511
Abb. 11-1: Anzeige Startbild	533
Abb. 11-2: Anzeige Startbild Erläuterung.....	533
Abb. 11-3: Anzeige Einstellungsmenü	53
Abb. 11-4: Anzeige Konfiguration.....	533
Abb. 12-1: Layout BasisPCB Top	555
Abb. 12-2: Layout BasisPCB gespiegelt Bottom.....	555
Abb. 12-3: Bestückungsplan BasisPCB Top.....	566
Abb. 12-4: Bestückungsplan BasisPCB Bottom	566
Abb. 12-5: Layout SupplyPCB Top	588
Abb. 12-6: Layout SupplyPCB gespiegelt Bottom.....	588
Abb. 12-7: Bestückungsplan SupplyPCB Top.....	59
Abb. 12-8: Layout WristPCB Top	600

Abb. 12-9: Layout WristPCB gespiegelt Bottom	600
Abb. 12-10: Bestückungsplan WristPCB Top.....	61
Abb. 12-11: Bestückungsplan WristPCB gespiegelt Bottom	601
Abb. 12-12: Konstruktionszeichnung Basissegment Seitenplatte	603
Abb. 12-13: Konstruktionszeichnung Basissegment Rückplatte.....	604
Abb. 12-14: Konstruktionszeichnung Basissegment Bodenplatte.....	605
Abb. 12-15: Konstruktionszeichnung Basissegment Holzbacken.....	606
Abb. 12-16: Konstruktionszeichnung Basissegment Diffusor Plexiglasdeckplatte.....	607
Abb. 12-17: Konstruktionszeichnung Basissegment Diffusor Plexiglasseitenplatte	608
Abb. 12-18: Konstruktionszeichnung Basissegment Gehäusehaken.....	69
Abb. 12-19: Konstruktionszeichnung Basissegment Diffusor Lighthaken.....	70
Abb. 12-20: Konstruktionszeichnung Sensorsegment Deckplatte	71
Abb. 12-21: Konstruktionszeichnung Sensorsegment Bodenplatte.....	72

12 Quellen

- CadSoft. (17. Februar 2016). Von <https://www.cadsoft.de/eagle-pcb-design-software/ueber-eagle/> abgerufen
- chip45 GmbH u. Co. KG. (7. März 2016). Von https://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php abgerufen
- CompuPhase. (18. August 2015). *compuphase.com*. Von compuphase.com: http://www.compuphase.com/software_termite.htm abgerufen
- de.wikipedia.org. (5. März 2016). *Wikipedia*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> abgerufen
- Laser & Co. Solutions GmbH. (7. März 2016). Von <http://shop.myavr.de/index.php?sp=download.sp.php&suchwort=DL112> abgerufen
- Laser & Co. Solutions GmbH. (7. März 2016). Von <http://shop.myavr.de/index.php?sp=download.sp.php&suchwort=dl189> abgerufen
- mikrocontroller.net. (7. März 2016). Von https://www.mikrocontroller.net/articles/Atmel_Studio abgerufen
- RN-wissen. (27. Mai 2007). *rn-wissen.de*. Von <http://rn-wissen.de/wiki/index.php?title=RS232> abgerufen