

FACHBERICHT

FS18 - PRO4E - TEAM 5

26. April 2018

AUFTRAGGEBER:

H. GYSIN

J. KALBERMATTER

BETREUER:

M. MEIER

A. GERTISER

R. DUBACH

B. DOMENGHINO

P. SCHLEUNIGER

PROJEKTLEITUNG:

SIMON ZOLLER

TEAMMITGLIEDER:

SEVERIN HUNZIKER

MISCHA KNUPFER

LUKAS LOOSLI

JOSHA GIAMBONINI

ELIAS VON DÄNIKEN

GIANLUCA PICCIOLA

STUDIENGANG:

ELEKTRO- UND INFORMATIONSTECHNIK

Abstract

Aimless wandering and too little knowledge are the reasons why the visitation of a museum is more memorable than its artworks. Because of that, an audio guide called Dojo was designed to help make the artworks unforgettable.

The goal of this project was to design the circuits for the Dojo. The Dojo should be able to recognise the artwork the visitor is standing in front as well as playing audio information over a bone sound sensor. In addition to that, the visitor should be able to “like” an artwork by pressing a button and get the information of the liked artworks at the end of his visit by email or printing.

The Dojo gives the information to the visitor by the bone sound sensor. For that, the sound files must be stored on a SD-Card which is placed in the device. Each artwork has a Bluetooth Low Energy (BLE) Beacon that sends its ID to the Dojo. The Dojo’s internal microcontroller is scanning for BLE-Signals and plays the file that is belonging to the ID of the strongest received signal, which is assumed to be coming from the nearest beacon. Furthermore, the Dojo has an inductive rechargeable battery.

The correct beacon is identified at XXX meters. The bone sound sensor plays the audio files with a loudness of XXX dB and no distortion. The inductive rechargeable battery with a capacity of XXX mAh can provide power for XXX hours, full featured and is recharged after XXX hours of charging. The deep discharge protection turns off the Dojo when the battery is at the XXX % of its power to protect the battery from damage.

The Dojo can be improved by implementing wireless data transfer and room access authorization. Nevertheless, it’s a significant win for museum visitors.

Key Words: audio guide, Bluetooth low energy, inductive charge, bone sound sensor

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Gesamtkonzept	5
2.1	Funktionsweise	5
2.2	Ladeablauf	5
3	Hardware	6
3.1	Energieübertragung	6
3.2	Energiespeicher	6
3.3	Weitere Komponenten	7
3.4	Verstärkerstufe	9
3.5	Knochenschallaktor	9
3.6	Testkonzept Hardware	10
4	Software	11
4.1	State Machine	11
4.2	Microcontroller	11
4.3	Bluetooth	11
4.4	SD-Karte	11
4.5	Audio, PWM	11
4.6	Testkonzept Software	11
5	Validierung	12
6	Ehrlichkeitserklärung	13
A	Anhang	16
A.1	Messresultate	16

1 Einleitung

Museen bieten die Möglichkeit unterschiedlichste Ausstellungsobjekte unter einem Dach zu betrachten. Die Art der ausgestellten Kunst ist hier von Ausstellung zu Ausstellung unterschiedlich, was jedoch beständig ist, ist eine spirituelle Wahrnehmung. Wohl nirgends kann man so gut in seinen eigenen Gedanken versinken und sich Gedanken über ein Ausstellungsobjekt machen wie bei einem Museum. Um Besucher anzulocken, sind Museen auf Innovation angewiesen, welche zum einen die Übergabe von Informationen möglichst Benutzerfreundlich gestaltet aber auch eine angenehme Ambiance schaffen. Hierbei kommt auch vermehrt der Einsatz von Smartphones zum Zuge, wobei die Problematik darin besteht, dass man der Aussenwelt gefährlich nahe kommt und dadurch abgelenkt wird.

Ziel dieses Projektes ist es eine smarte Lösung für einen Audio-Guide zu realisieren ohne dass das eigene Smartphone benötigt wird. Im Fokus stehen dabei, dass Informationen bequem zum Nutzer gelangen, ohne dass Ablenkungen unterschiedlichster Art einem zurück in den Alltag holen. Des Weiteren soll er das herkömmliche Zutrittsticket ablösen, wodurch das Museum die Möglichkeit hat, ihre Ausstellung in mehrere Bereiche zu unterteilen. Der Besucher kann dadurch beim Eintritt die auf ihn zugeschnittenen Bereiche auswählen und durch die integrierte Zutrittsberechtigung im Audio-Guide nur in die bezahlten Räume eintreten. Als Grundlage für das Design dient ein von der Auftraggeberin designer Museums Audio-Guide namens Dōjō. In dieser Projektarbeit ist das Ziel, einen funktionierenden Prototyp herzustellen, wodurch danach eine finale Version erstellt und in den Dōjō eingebaut werden könnte.

Der Dōjō ist vergleichbar mit einem runden Stab mit der Länge von XXX und XXX cm Durchmesser. Dieser weist sowohl eine Sprachausgabe mittels Knochenschallgeber, als auch weitere Peripherien wie einer simplen Audiosteuerung, Bluetooth-Beacon Erkennung und einem «Like Button». Sein simples Design und seine einfach Anwendung, ist für jede Altersgeneration geeignet. Die Realisierung dieses Audio-Guides erfolgt in einem Hardware- und einem Softwareteil. Der Hardwareteil wird hierbei durch die Ladeschaltung, die Energiespeicherung und Überwachung, wie auch der Audioausgabe bestimmt. Der Softwareteil übernimmt die Erkennung, Ansteuerung und Koordination der Hardware Komponenten. Die Bearbeitung erfolgt in dem jedes Teammitglied ein ihm zugeteilter Aufgabenbereich bearbeitet.

Für die Realisierung wird ein Prototyp entworfen, welcher zu XXX verschiedenen Sprachen XXX Stunden Audioausgabe speichern kann. Die Ansteuerung der Audiofiles erfolgt über Bluetooth-Beacon Erkennung, welche ab einer Distanz von XXX m erkannt werden. Der eingebaute «Like-Button» ermöglicht favorisierte Bilder abzuspeichern und diese am Ende des Besuches digital oder in Form einer Broschüre beim Ausgang als Erinnerung mitzunehmen.

Der nachfolgende Bericht ist durch drei Hauptbereiche definiert. Der erste Bereich umfasst das Gesamtkonzept, welcher die gesamte Anwendung auslegt. Die nachfolgenden zwei Hauptbereiche sind in Hardware und Software gegliedert. Die Hardware teilt sich wiederum in die Themengebiete Energieübertragung, Energiespeicherung und Audioausgabe auf. Die Software beinhaltet die Unterbereiche der Bluetooth Kommunikation, Bluetooth-Beacon Erkennung, sowie die gesamte Programmstruktur des verwendeten Microcontrollers.

2 Gesamtkonzept

Beschreibt wie das Dojo als Gesamtkonstrukt funktioniert.

2.1 Funktionsweise

Hier wird die allgemeine Funktionsweise des Dojos erläutert anhand von Abbildungen und ggf. Diagrammen.

2.2 Ladeablauf

.....Die Betriebszeit des Dojos ermöglicht eine Betriebszeit von fünf Stunden, wobei durch Ladezyklen zwischen den Besuchen eine ganztägiger Betrieb ermöglicht wird. Darum wurde im Ziel 5.1 ein Arbeitstag genannt. Um dies zu veranschaulichen, gibt nachfolgende Abbildung 1 einen Einblick ins Konzept.

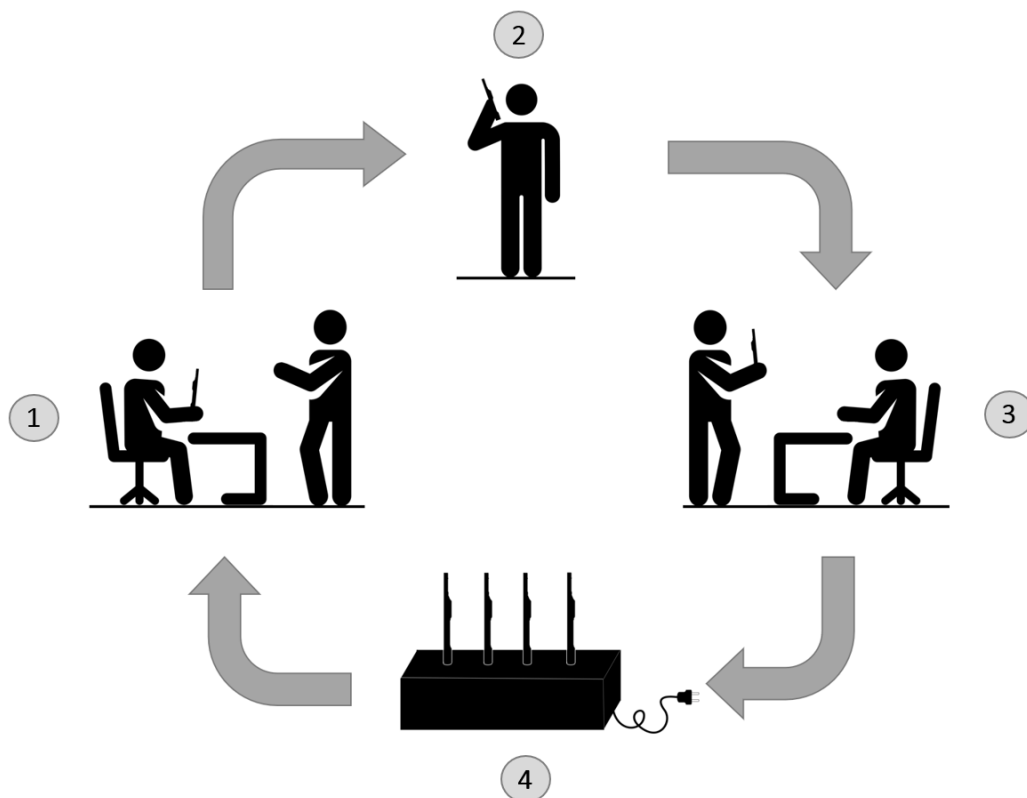


Abbildung 1: Ladezyklus Dojo

Wie bereits oben beschrieben, beträgt die Betriebszeit eines durchschnittlichen Rundganges rund drei bis vier Stunden. Sobald die Rückgabe erfolgt ist, wird das Dojo in die Ladebuchse gesteckt wobei immer diese Dojos rausgegeben werden, welche sich am längsten in der Ladestation befinden. Bei einer Stückzahl welche grösser ist als die Besucherzahl, erlaubt dies einen lückenlosen Betrieb. [1]

3 Hardware

Beschreibt welche Hardware benötigt wird, auf die in den Unterthemen näher eingegangen wird.

3.1 Energieübertragung

Die Funktionsweise der Induktiven Ladung wird veranschaulicht dargestellt und erläutert mit Schema, Simulation und ggf. weitere Abbildungen.

3.2 Energiespeicher

Die gesamte Energiespeicherung erfolgt durch einen Lithium-Ionen-Akkumulator des Typs Emmerich LI14500. Dieser weist eine Kapazität von 800mAh bei einer Nominalspannung von 3.7V auf. Die errechnete Betriebszeit des Dojos lässt sich mit einem maximalen Verbrauch von 0.63W, der Nominalspannung der Kapazität berechnen. Die maximale Leistung des Dojos lässt sich durch Leistung des Knochenschallgebers und des Microcontrollers beschreiben. Alle anderen Komponenten können durch ihren geringen Betriebsstrom vernachlässigt werden. Der Knochenschallgeber weist gemäss eigenen Messungen eine maximale RMS Leistung von 214.5mW auf. Die Rechnung erfolgt mit einem Sicherheitswert von rund 0.35W und einer Betriebszeit von rund 80%. Die Microcontrollerleistung lässt sich durch den Radio Strom (7.5mA) und einigen Mikroampere Systemstrom (gesamthaft ca. 100 μ A) multipliziert mit der Systemspannung von 3.6V bestimmen. Zur Berechnung wird noch ein Sicherheitsfaktor von 0.1W dazu addiert, damit die erforderliche Laufzeit auch wirklich erreicht wird. Die Microcontrollerleistung wird durch die Nominalspannung multipliziert mit dem maximalen Microcontrollerstrom von 7.6mA berechnet. Nachfolgend wird die Berechnung der maximalen Leistung (Berechnung 3.1) veranschaulicht.

$$P_{max} = (0.8 \cdot P_{Kn}) + P_{MC} + P_{zus} = (0.8 \cdot 0.5W) + (3.7V \cdot 7.6mA) + 0.1W = 0.528W \quad (3.1)$$

Die darausfolgende minimale Zeit t kann gemäss nachfolgender Berechnung 3.2 berechnet werden.

$$t_{max} = \frac{W \cdot U}{P_{tot}} = \frac{800mAh \cdot 3.7V}{0.528W} = 5.6h \approx 5h 30min \quad (3.2)$$

3.2.1 Schutz

Um den verwendeten Akkumulator zu schützen, sind diverse Schutzeinrichtung notwendig. Zum einen muss der Ladevorgang überwacht werden, so dass der maximale Ladestrom wie auch die Ladespannung nicht überschritten werden. Für die Laderegulation wurde ein Lade-IC von Microchip des Typs MCP73831 verwendet. Dieser übernimmt die gesamte Spannungs- und Stromregelung beim Ladeprozess und steuert zu dem während dem Ladevorgang eine LED zur Ladesignalisation an. Der Ladeprozess für den oben erwähnten Li-Ion Akku ist in untenstehender Abbildung 2 ersichtlich. Hierbei wurde der Akku im Schnelllademodus mit einem maximalen Strom von 400mA geladen. Dieser Strom ergibt sich aus dem Datenblatt der Batterie, wobei sowohl der Entladestrom, als auch der Ladestrom 0.5C beträgt. Das C entspricht der Kapazität der Batterie, wodurch sich der Strom I_{max} gemäss der nachfolgenden Formel 3.3 berechnen lässt.

$$I_{charge} = \frac{0.5}{h} \cdot C = \frac{0.5}{h} \cdot 800mAh = 0.4A \hat{=} 400mA \quad (3.3)$$

Betrachtet man die Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die Spannung rund 2.5h geregelt wird bis 4.2V Grenze erreicht wird. Sobald der Spannungswert 4.2V erreicht hat, beginnt der Lade-IC mit der Stromregelung. Für diesen Prozess wurden beim Versuch noch einmal rund 30 Minuten benötigt, wodurch die letzten rund 20% der Batteriekapazität geladen werden konnten.

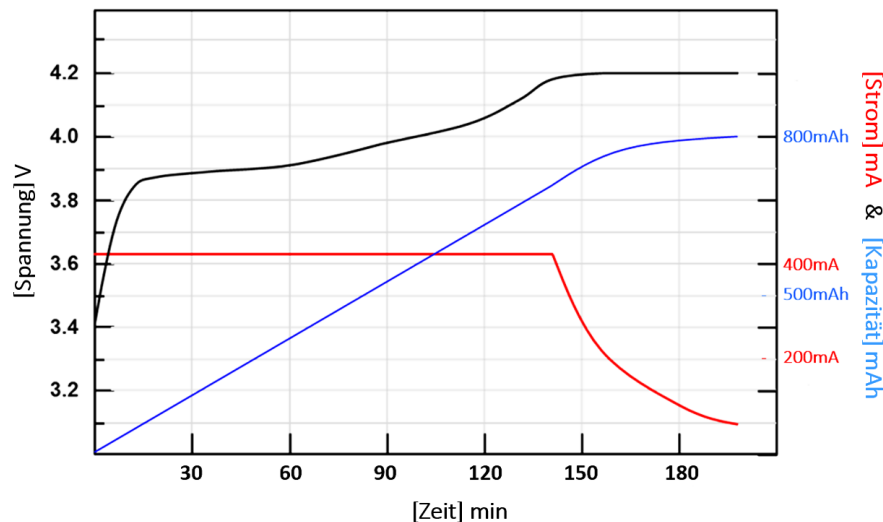


Abbildung 2: Blockschaltbild Energiespeicherung

Für einen weiteren Schutz, hat die Emmerich LI14500 eine integrierte Schutzbeschaltung namens PCM (Protection Circuit Module). Dieser Schutz garantiert einerseits einen Überladeschutz von $4.25V \pm 0.025V$, aber auch einen Tiefentladungsschutz von $2.5V \pm 0.063V$. Weiter ist der Akku gegen Überströme ab einer Höhe von 4.8A geschützt und weist zudem einen Schutzschaltungswiderstand von $\leq 75m\Omega$ auf.

3.3 Weitere Komponenten

3.3.1 Linear Regler

Für die Energieversorgung der integrierten Komponenten im Dojo ist eine konstante Spannungsquelle notwendig. Hierbei hat ein Lithium-Ionen Akku nicht die besten Voraussetzungen, da dessen Spannung unter Last mit der Zeit sinkt. Der verwendete ADP122 Spannungsregler regelt die Eingangsspannung auf 3.3V herunter solange diese über der Ausgangsspannung liegt. Ist $U_{ein} < 3.3V$, nimmt die Ausgangsspannung linear mit der Eingangsspannung ab. Es gilt also im generellen: $U_{ein} > U_{aus}$. Nachfolgende Grafik 3 aus dem Datenblatt gibt einen Einblick in das Spannungsregelverhalten des ADP122.

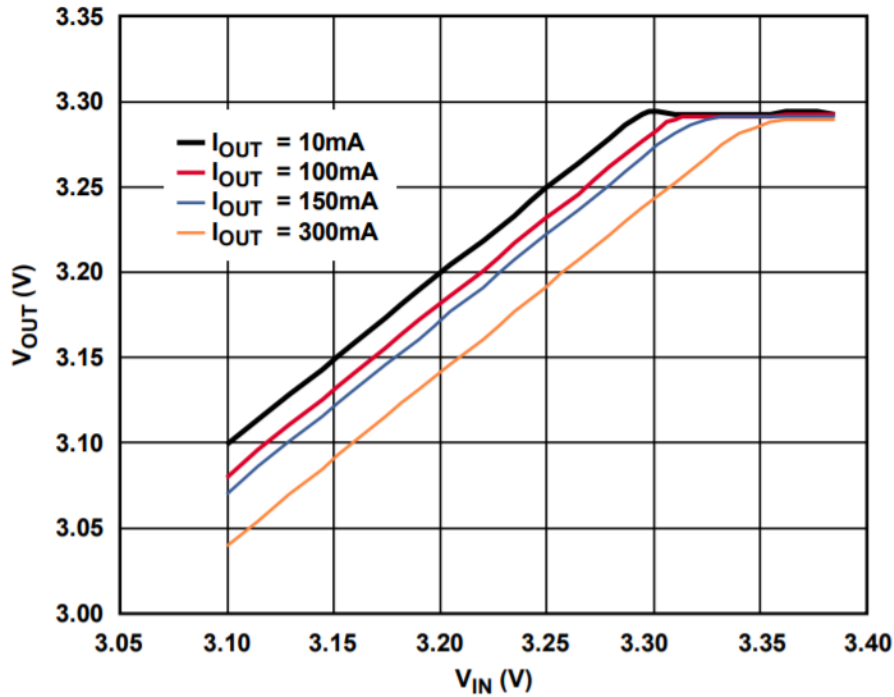


Abbildung 3: Eingangsspannung vs. Ausgangsspannung [2]

Für unsere Anwendung sind die mittleren zwei Kurven (rot und grau) interessant. Auffällig ist, dass bei $V_{ein} < 3.3V$, die Abweichung zwischen V_{ein} und V_{aus} um ca. $0.025V$ unterscheiden. Die Abweichung F_{error} ist somit kleiner 1%.

Nicht nur die Komponenten im Dojo selbst benötigen eine konstante Spannungsversorgung, sondern auch der Lade-IC während dem Ladevorgang. Da Der Ladevorgang mittels induktiver Ladung erfolgt, kann hierbei die Spannung extrem schwanken. Es wird also direkt nach der Sekundärspule und dessen Gleichrichtung ein Spannungsregler eingebaut. Hierbei wird ein MCP1703A der Firma Microchip verwendet. Dieser gibt bei einer maximalen Eingangsspannung von $16V_{DC}$, konstant $5V_{DC}$ ab. Der maximale Ausgangsstrom beträgt hierbei $250mA$ und ist somit für unsere Anwendung gut geeignet. Einen Einblick in das Spannungsregelverhalten gibt nachfolgende Abbildung 4.

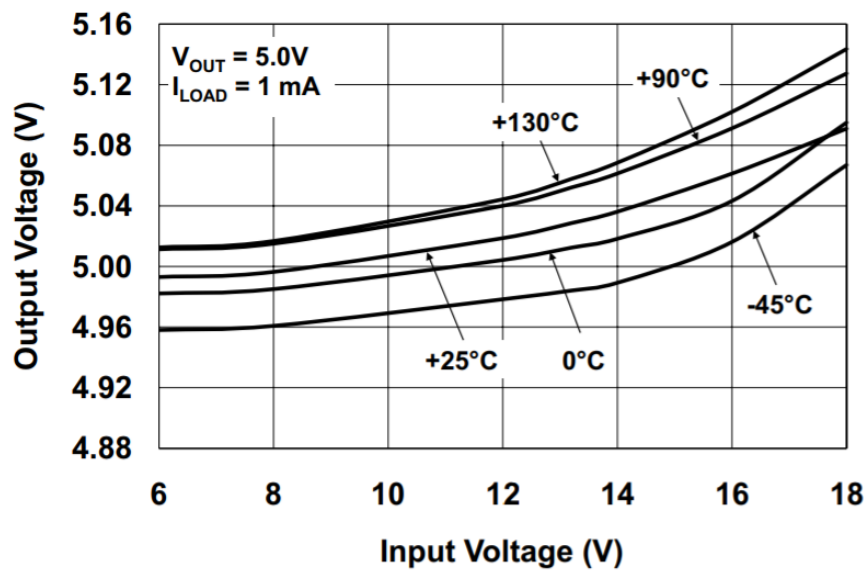


Abbildung 4: Eingangsspannung vs. Ausgangsspannung [3]

Augenfällig ist, dass die Ausgangsspannungskurve im Bereich von 6V bis 16V ($T=25^{\circ}\text{C}$) rund 0.1V schwankt. Dies stellt jedoch keine Probleme für den Lade-IC dar, da dieser einen Eingangsspannungsbereich zwischen 3.75V bis 6V vorweist. Ebenfalls in der obigen Grafik ersichtlich ist die grosse Erwärmungstoleranz des Spannungsreglers. Dies ist aufgrund dessen wichtig, dass es durch die induktive Übertragung durchaus zu grosser Erwärmung in unmittelbarer Nähe kommen kann.

3.3.2 Audioausgabe

Die Funktionsweise des Knochenschallgebers wird hier kurz erläutert, sowie dessen Spezifikation (Versorgungsspannung, Ausgangsleistung etc.)

3.3.3 Microcontroller

Hier werden die Anforderungen an den Mikrocontroller aufgeführt, die Wahl begründet und auch das On-Chip Bluetoothmodul näher betrachtet.

3.4 Verstärkerstufe

3.5 Knochenschallaktor

Nachdem das vom Mikrocontroller ausgegebene Audio-File über die Verstärkerstufe entsprechend aufbereitet wurde, kann nun die Audiodatei über einen sogenannten Knochenschallaktor ausgegeben werden. Der Aktor arbeitet nach dem Prinzip der Weiterleitung von Schall-Schwingungen oder auch Vibrationen. Dadurch lässt sich der ursprüngliche Gehörgang umgehen und die Schwingungen werden über den Schädelknochen an das Innenohr übertragen. Dies verbessert auch die Hygiene der Anwendung, da kein direkter Kontakt mit dem Gehörgang stattfindet.[4] Verwendet wird ein Knochenschallaktor des Herstellers Adafruit.

3.6 Testkonzept Hardware

Damit ein reibungsloser Betrieb möglich ist, müssen die einzelnen Hardware Komponenten auf Herz und Nieren geprüft werden. Nachfolgend werden die Testverfahren genauer beschrieben und die Testergebnisse aufgelistet.

3.6.1 Batterie

Die Batterie weist einige Schutzmechanismen auf, welche alle getestet werden müssen. Als erstes wurde der Tiefentladungsschutz geprüft. Um dies zu testen wurde ein Widerstand der Dimension 9Ω angeschlossen, wobei gemäss Berechnung 3.4 ein Entladestrom von rund 400mA resultierte.

$$I_{discharge} = \frac{U}{R} = \frac{3.7V}{9\Omega} = 411mA \quad (3.4)$$

Während dem Entladevorgang wurde stets die Spannung überwacht, wobei die Spannung von 3.7V auf bis 2.5V absank. Nach dem die 2.5V Schwellenspannung unterschritten wurde, brach der integrierte Batterieschutz die Spannungsversorgung ab. Die Widerstände wurden abgehängt und der gesamte Vorgang wurde mit Erfolg wiederholt.

Als nächstes wurde ein Kurzschluss test durchgeführt, wobei hier der Schwellenstrom gemäss Datenblatt bei 4.8 liegt. Gemäss dem $U=R \cdot I$ Gesetz, wurde ein Widerstand der Grösse von $700m\Omega$ verwendet damit der Grenzwert überschritten wird. Auch bei diesem Versuch, regelte das PCM den hohen Entladungsstrom ab und schaltete die Versorgungsspannung ab.

4 Software

Beschreibt die einzelnen Softwareteile und welche Entwicklungstools benutzt werden und führt Lizenzen auf. Ausserdem wird die Softwarestruktur grob aufgezeigt und in den Unterthemen näher auf die jeweiligen Module eingegangen. Zudem werden Softwaretechnische Anforderungen an die Hardware, Datenstrukturen und Protokolle erläutert.

4.1 State Machine

Zeigt das Verhalten und die Zustände des Dojos anhand eines State-Diagramms. Ausserdem wird hier die Bedienung des Geräts angeleitet.

4.2 Microcontroller

Beschreibt die Aufgabe des MCs mittels Ablaufdiagramm, sowie welche Funktionen dazugehören und deren Wirkung.

4.3 Bluetooth

Die Funktionsweise der Bluetoothsoftware wird mittels Ablaufdiagramm dargestellt und die benötigten Funktionen erläutert.

4.4 SD-Karte

Erläutert die benötigten Funktionen der SD-Karte wie z.B. schreiben, lesen, suchen und löschen von Files. Ggf. wird auch hier ein Ablaufdiagramm verwendet.

4.5 Audio, PWM

Beschreibt, wie das gewünschte File geholt und auf den Knochenschallgeber gegeben wird.

4.6 Testkonzept Software

Erklärt, welcher Teil wie getestet wird und führt die Ergebnisse mit Auswertung auf.

5 Validierung

6 Ehrlichkeitserklärung

Der Projektleiter bestätigt mit der Unterschrift, dass der Bericht selbst verfasst und alle Quellen sauber und korrekt deklariert wurden.

Ort, Datum

Unterschrift Projektleiter

Literatur

- [1] irgendeine, “Planksches Wirkungsquantum,” Website, 2017, online erhältlich unter https://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches_Wirkungsquantum; abgerufen am 10. März 2017.
- [2] ANALOG DEVICES, “Data Sheet ADP122 Linear Regulator,” Website, unknown, online erhältlich unter http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADP122_123.pdf; abgerufen am 26. April 2018.
- [3] Microchip, “Data Sheet MCP1703A Linear Regulator,” Website, unknown, online erhältlich unter <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005122B.pdf>; abgerufen am 26. April 2018.
- [4] Wikipedia, “Knochenleitung,” Website, 2018, online erhältlich unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Knochenleitung>; abgerufen am 26. April 2018.

Abbildungsverzeichnis

1	Ladezyklus Dojo	5
2	Blockschaltbild Energiespeicherung	7
3	ADP 122 Linearregler Spannungsverhalten	8
4	MCP1703A Linearregler Spannungsverhalten	9

A Anhang

A.1 Messresultate

bcsjdbcsjbvsjvbs