



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

Dokumentation des Laborprojekts **Elektronischer Würfel**

im Modul
Leiterplattendesign und -Technologie (M01)

des Studiengangs
**Informations- und Kommunikationstechnik
(M.Eng.)**

eingereicht von
**Ilja Buschujew (559016) und
Ibrahim Bahlawan (559473)**

bei
Prof. Metzler

am
09.04.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Pflichtenheft	1
1.1	Zielbestimmung	1
1.2	Produkteinsatz	2
1.3	Produktumgebung	2
1.3.1	Hardware	2
1.3.2	Software	3
1.3.3	Programmierschnittstelle	3
1.4	Produktfunktionen	4
1.5	Produktdaten	4
1.6	Produktleistungen	4
1.7	Qualitätsanforderungen	5
1.8	Globale Testfälle	5
2	Projektbericht	6
2.1	Einleitung	6
2.2	Vorbetrachtung	6
2.2.1	Blockschaltbild	6
2.2.2	Ansteuerung der LEDs	7
2.2.3	Programmablaufplan	10
2.3	Berechnungen	14
2.3.1	Widerstände	14
2.3.2	Würfelvorgänge	14
2.4	Simulation	16
2.4.1	Schaltplan	16
2.4.2	Layout	17
3	Gebrauchsanweisung e-Würfel	18
4	Zusammenfassung und Ausblick	19

1 Pflichtenheft

Basis für die Entwicklung des Würfels ist das Lastenheft, welches vom Auftraggeber mit allen inhaltlichen und technischen Wünschen an das Produkt so genau und umfassend wie möglich beschrieben wird. Aus dem Lastenheft lässt sich das Pflichtenheft gestalten, um die Art und Weise der Realisierung aller Forderungen an das Produkt in identifizierbare Aufgaben des Projekts, zu definieren.

1.1 Zielbestimmung

Für ein neues Brettspiel soll ein elektronischer Würfel entwickelt werden. Die Anzeige soll mit Leuchtdioden erfolgen und genau wie bei einem echten Würfel dargestellt werden. Es soll ein 8-Bit Mikrocontroller der Familie Microchip verwendet werden. Der gesamte Würfel soll in SMD Bauweise realisiert werden.

Dabei soll das Produkt neben der Energieeffizienz und -sparsamkeit, da es batteriebetrieben mittels einer Lithium-Knopfzelle und bis zu 5000 Würfelvorgänge durchlaufen soll, auch sehr einfach zu bedienen sein, um möglichst alle Altersgruppen und Menschen erreichen zu können.

Die Bedienung soll mittels eines Tasters erfolgen, der den Microcontroller aus dem Schlafzustand bringt und den letzten Wurf anzeigt. Außerdem soll beim drücken des Tasters der Würfelvorgang animiert werden, um den Benutzer zu signalisieren, dass die Generierung der Wurfzahl läuft. Nach 15 Sekunden ohne der Betätigung des Tasters, soll der Microcontroller sich in den Schlafzustand begeben und alle LEDs ausschalten, um so Energie zu sparen.

Die Programmierung des Microcontrollers soll außerdem mittels dem Link Connector von Tag-Connect erfolgen.

Es soll außerdem den Sicherheits- und Qualitätsanforderungen elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke nach VDE 0700 Teil 26, DIN EN 60335-2-26 entsprechen. Eine Gebrauchsanweisung, die auf mögliche Bedienungsfehler hinweist, soll mit beigefügt werden.

Da das Produkt als Prototyp dient und später in Serienreife produziert werden soll, soll es ohne Gehäuse entwickelt und geliefert werden.

1.2 Produkteinsatz

Hauptsächlich besteht die Funktion des elektronischen Würfels darin, eine beliebige Zahl zwischen 1 und 6, ähnlich wie bei einem echten Würfelwurf, zu generieren. Deshalb reichen die Anwendungsbereiche des elektronischen Würfels von der privaten Nutzung beim Endkunden, bis hin zu Schulen, Freizeitparks und Seniorenheimen, wo es auf eine umfangreiche Freizeitaktivität ankommt.

Außerdem können Lehrer und Pädagogen des technischen Unterrichts und weiteren Bildungseinrichtungen diesen Würfel als Lernprojekt im Bereich der Hardware-Entwicklung für Kinder und Jugendliche verwenden, um Wissen und Spaß im Bereich der Technik zu vermitteln oder einfach einen Blick auf die Welt der Ingenieure oder Hobby-Elektroniker zu geben, indem das Produkt beispielsweise als eine Vorlage für die Beschreibung von ähnlichen und weiterführenden Projekten in unterschiedlichen Entwicklungsumgebungen wie z.B. Arduino dienen kann.

1.3 Produktumgebung

1.3.1 Hardware

Für die Produktherstellung werden bestimmte Bauteile benötigt, die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst werden.

Bauteil	Werte	Anzahl	Hersteller
SMD LED	2mA / 1.8V	7	OSRAM
SMD Widerstand	330 Ohm / 0.1W	3	TRU COMPONENTS
SMD Widerstand	680 Ohm / 0.1W	1	TRU COMPONENTS
SMD Widerstand	1000 Ohm / 0.1W	1	TRU COMPONENTS
SMD Taster	42V DC / 0.05A	1	SCHURTER
Knopfzelle CR2032	220mAh / 3V	1	DURACELL
Knopfzellenhalterung	701116	1	RENATA
PIC12F1840	8 Bit	1	MICROCHIP
TC2030-MCP	Link Connector	1	MICROCHIP

Tabelle 1.1: Verwendete Hardware

PIC12F1840

Zur Ansteuerung der des Würfels wird ein PIC12F1840 Mikrocontroller der Familie Microchip verwendet. Es handelt sich hierbei um einen 8-Pin (davon 5 I/O Pins und 1 input-only Pin), 8-Bit Mikrocontroller mit Flash/EEPROM XLP (Extreme Low Power) Technologie für eine energiesparsame und langanhaltende Verwendung. Es unterstützt außerdem das In-Circuit-Serial-Programming (ICSP), wodurch das Programmieren, Debuggen und Flashen des Mikrocontrollers direkt mithilfe von 2 Pins (ICSPDAT und ICSPCLK) auf der Leiterplatte vorgenommen werden kann.

Der Energieverbrauch kann mit der Nutzung der MCU-Eigenschaft „SLEEP-MODE“ deutlich gesenkt werden, da dadurch im Prinzip einige Funktionsblöcke wie z.B. den Prozessor, Timer, UART und AD-Wandler im Mikrocontroller ausschaltet. Folglich geht der Mikrocontroller in einen Schlafzustand (z.B. bei einer längeren Nichtnutzung des Programms) und somit den Betrieb des Geräts erheblich energiesparender macht.

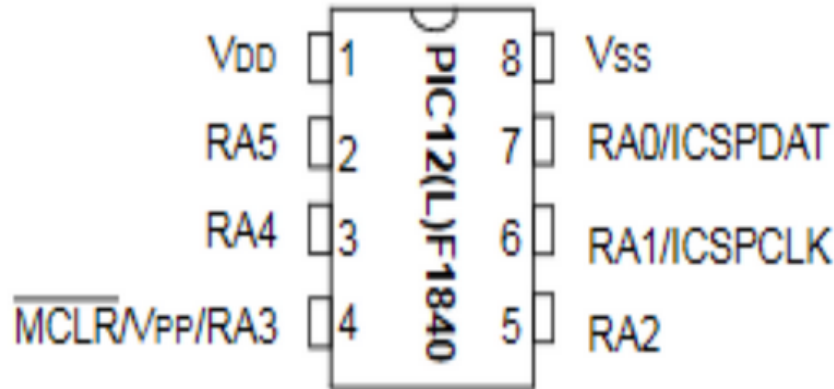


Abbildung 1.1: Pin-Diagramm des 12F1840 Microcontrollers [Microchip, 2011]

1.3.2 Software

Für die Erstellung des Schaltplans und Layouts der Leiterplatte wird Proteus in der Version 8 Professional verwendet. Das Programm wurde in der Programmiersprache C in der Entwicklungsumgebungen MPLAB X IDE von MICROCHIP entwickelt.

1.3.3 Programmierschnittstelle

Zur mehrmaligen Programmierung des Microcontrollers wurde eine Link-Connect-Schnittstelle der Firma Microchip verwendet.

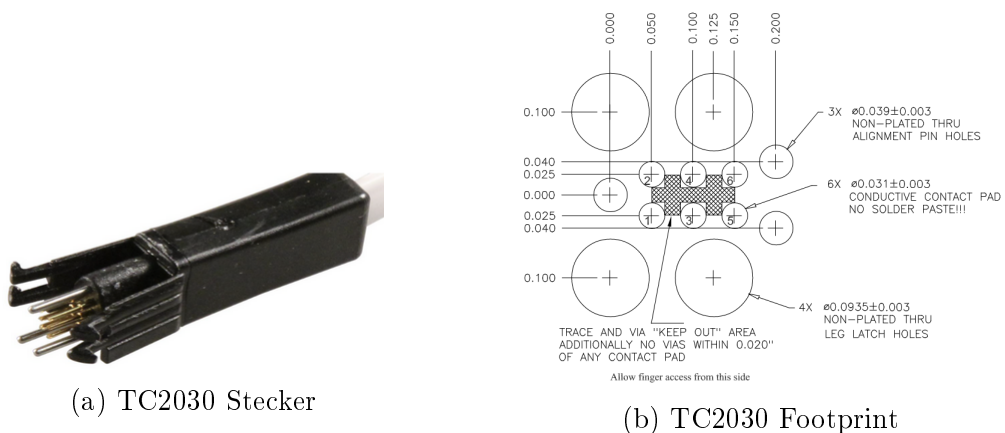


Abbildung 1.2: TC2030-MCP Darstellung [Tag-Connect, 2010]

1.4 Produktfunktionen

Anzeige

- Die Anzeige wird durch SMD-LEDs realisiert, deren Anordnung sich an einem echten Würfel orientieren
- Dabei wird die Anzeige während der Taster gedrückt wird animiert

Bedienung

- Der Würfel wird durch einen Taster gestartet und gesteuert

Stromversorgung

- Die Stromversorgung erfolgt durch eine 3V Lithium-Steckbatterie (CR-2032)
- Bei Inaktivität schaltet sich der Würfel, durch eine Statusabfrage, nach 15 Sekunden automatisch in den Schlafzustand
- Beim Drücken des Tasters schaltet kommt der Würfel aus dem Schlafzustand zurück und zeigt den letzten Wurf, der in einer Variable zwischengespeichert wurde, an

Programmierung

- Die Programmierung des Microcontrollers wird mit dem Link Connector der Firma Tag-Connect garantiert, welches auf dem Schaltplan und Layout mitberücksichtigt wurde

1.5 Produktdaten

Die Leiterplatte besitzt eine Abmessung von 42.5mm x 34mm. Es enthält alle wichtigen Bauelemente, die im Simulationsprogramm Proteus 8 umgesetzt wurden. Die Anzeige umfasst 7 SMD-LEDs, die Bedienung einen Taster, für die Stromversorgung ist eine Knopfzellenhalterung auf der Unterseite der Platine angebracht worden und es enthält ebenfalls eine Programmierschnittstelle.

1.6 Produktleistungen

Um eine lange Betriebsdauer des Produkts mit mindestens 5000 Würfelvorgängen zu garantieren, wurde ein Microcontroller und die LEDs mit geringem Stromverbrauch ausgesucht.

1.7 Qualitätsanforderungen

Die Qualitätsanforderungen konnten aus mangelnder finanzieller Mittel leider nicht geprüft werden, da diese nur zum Kauf erworben werden konnten, um auf diese zugreifen zu können.

1.8 Globale Testfälle

Zur Überprüfung der Funktionalitäten und Leistungen des Produkts wurden Testfälle entwickelt und durchgeführt. Diese beinhalten folgende Vorgänge:

1. Einschalten des Würfels
2. Überprüfung des Würfelvorgangs inkl. Anzeige und Animation
3. Ausschalten des Würfels nach 15 Sekunden
4. Überprüfung der Anzeige des letzten Wurfs

Alle Punkte wurden durch mehrmaliges Testen durchgeführt und haben diese mit Erfolg bestanden.

2 Projektbericht

2.1 Einleitung

Im folgenden Projektbericht des Moduls Leiterplattendesign und -Technologie werden die einzelnen Schritte, die bei der Entwicklung eines Prototyps des elektronischen Würfels vorgenommen wurden, erläutert. Dabei wird auf den Programmablaufplan (PAP) des Programms, die Auswahl geeigneter Hardware, den Schaltplan und Layout, sowie auf die Simulation der Schaltung und Programms in Proteus 8 eingegangen und am Ende nochmal zusammengefasst.

2.2 Vorbetrachtung

Da für dieses Projekt im Lastenheft des Kunden keine bestimmten Angaben zu der jeweiligen Hardware gemacht wurde, wurde uns als Entwickler die Entscheidung nach geeigneter Hardware selbst überlassen, die den jeweiligen Funktions-, Leistungs- und Qualitätsanforderungen, die im Lastenheft definiert wurden, entsprechen.

Dabei wurde zunächst einmal ein Schema definiert, nachdem die Anzeige die Augenzahlen des elektronischen Würfels darstellen sollte, um so festzustellen wieviele Pins der 8 Bit Mikrocontroller für die Ansteuerung der 7 LEDs braucht. Danach wurde daraus ein PAP erstellt, welches schrittweise anhand der Anforderungen aus dem Lastenheft, ausgebaut und vervollständigt wurde. Daraufhin wurde die geeignete Hardware ausgesucht und ein Schaltplan und das Layout in Proteus und ARES erstellt und simuliert. Für manche Bauteile, wie zum Beispiel für den Taster und die Knopfzellenhalterung, wurde ein footprint für das Layout aus den realen Größenverhältnissen manuell erstellt.

2.2.1 Blockschaltbild

Zur Verdeutlichung der Schnittstellen und der Beziehungen der Hardware zu einander wurde ein vereinfachtes Blockschaltbild erstellt (siehe Abb. 2.1):

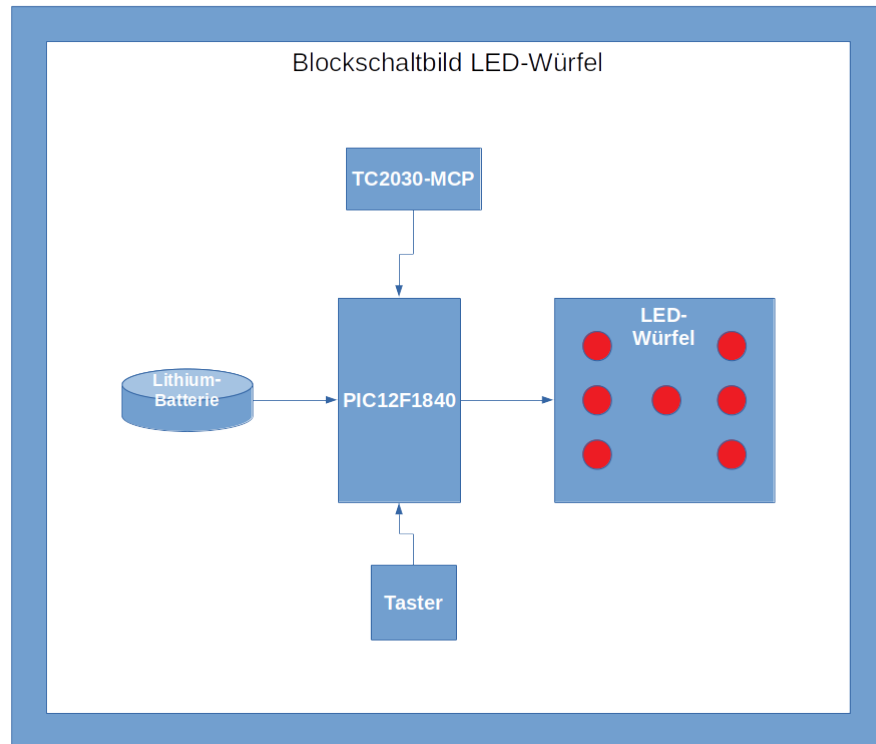


Abbildung 2.1: Blockschaltbild LED-Würfel

2.2.2 Ansteuerung der LEDs

Da bei einem realen Würfel 6 Zahlen zwischen 1 und 6 vorkommen, besitzt der Würfel 7 „Augen“. Um die LEDs entsprechend anzusteuern, ist es notwendig die Kombination der Augenzahlen mit der Lage der Augen des Würfels zu vergleichen. Dabei entspricht die Augenzahl 1 dem zentralen Auge des Würfels, um den sich die restlichen 6 Augen jeweils 3 links und 3 rechts davon befinden (siehe Abb. 2.2). Dazu muss jeweils eine einzige LED, nämlich die LED7, mit einem Pin an dem Microcontroller angesteuert werden.

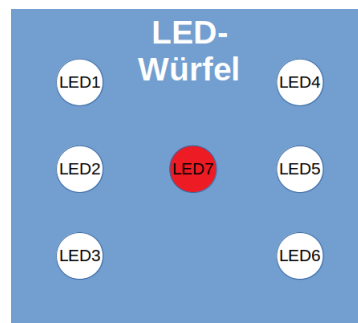


Abbildung 2.2: Augenzahl 1

Um die Augenzahl 2 des Würfels zu realisieren, müssen 2 LEDs gleichzeitig angesteuert werden, nämlich LED2 und LED5. Somit können diese ebenfalls über einen

2 Projektbericht

einzelnen Pin angesteuert werden (siehe Abb. 2.3).

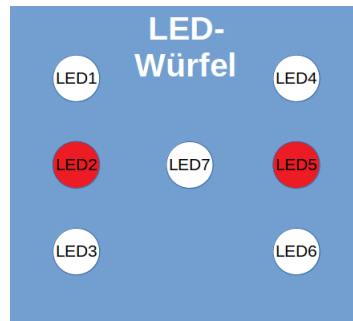


Abbildung 2.3: Augenzahl 2

Um die Augenzahl 3 zu erhalten, werden nun 3 LEDs angesteuert, die in dem Fall nur 2 Output Pins brauchen, da wir die Augenzahlen 1 und 2 über jeweils einen Pin ansteuern. In dem Falls sind es LED7, sowie LED2 und LED5 wie in der Abb. 2.4 dargestellt ist.

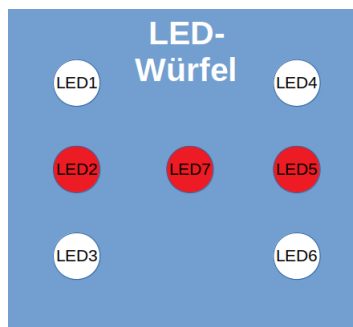


Abbildung 2.4: Augenzahl 3

Bei der Augenzahl 4 werden die restlichen LEDs gebraucht, nämlich die LED1 und LED3, sowie LED4 und LED6. Diese können ebenfalls jeweils über einen einzigen Output Pin des Microcontrollers angesteuert werden (siehe Abb. 2.5).

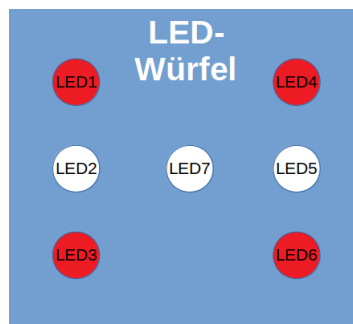


Abbildung 2.5: Augenzahl 4

Die Augenzahl 5 wird mit Hilfe der Pins, die für die Augenzahl 4 und 1 verwendet werden, dargestellt. Dabei gehen die LED1, -3, -4, -6 und -7 an wie in der Abb. 2.6 gezeigt wird.

2 Projektbericht

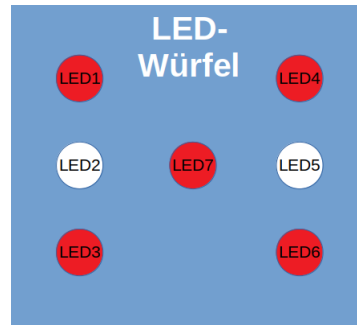


Abbildung 2.6: Augenzahl 5

Für die letzte Augenzahl 6 werden 3 Pins benötigt, mit Hilfe deren 6 LEDs angesteuert werden, LED1, -2, -3, -4, -5 und -6 (siehe Abb. 2.7).

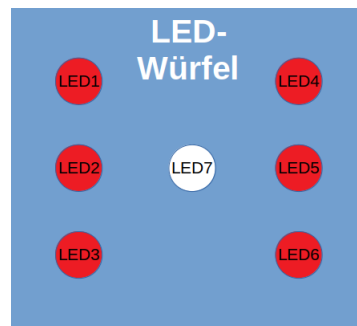


Abbildung 2.7: Augenzahl 6

2.2.3 Programmablaufplan

Der Programmablaufplan setzt sich aus den jeweiligen Anforderungen des Lastenhefts zusammen. Da nun die Ansteuerung der LEDs zu den dazugehörigen Augenzahlen vorgenommen wurde, kann der PAP nun um weitere Funktionen erweitert werden.

Im folgenden wird nun der Programmablaufplan näher erläutert.

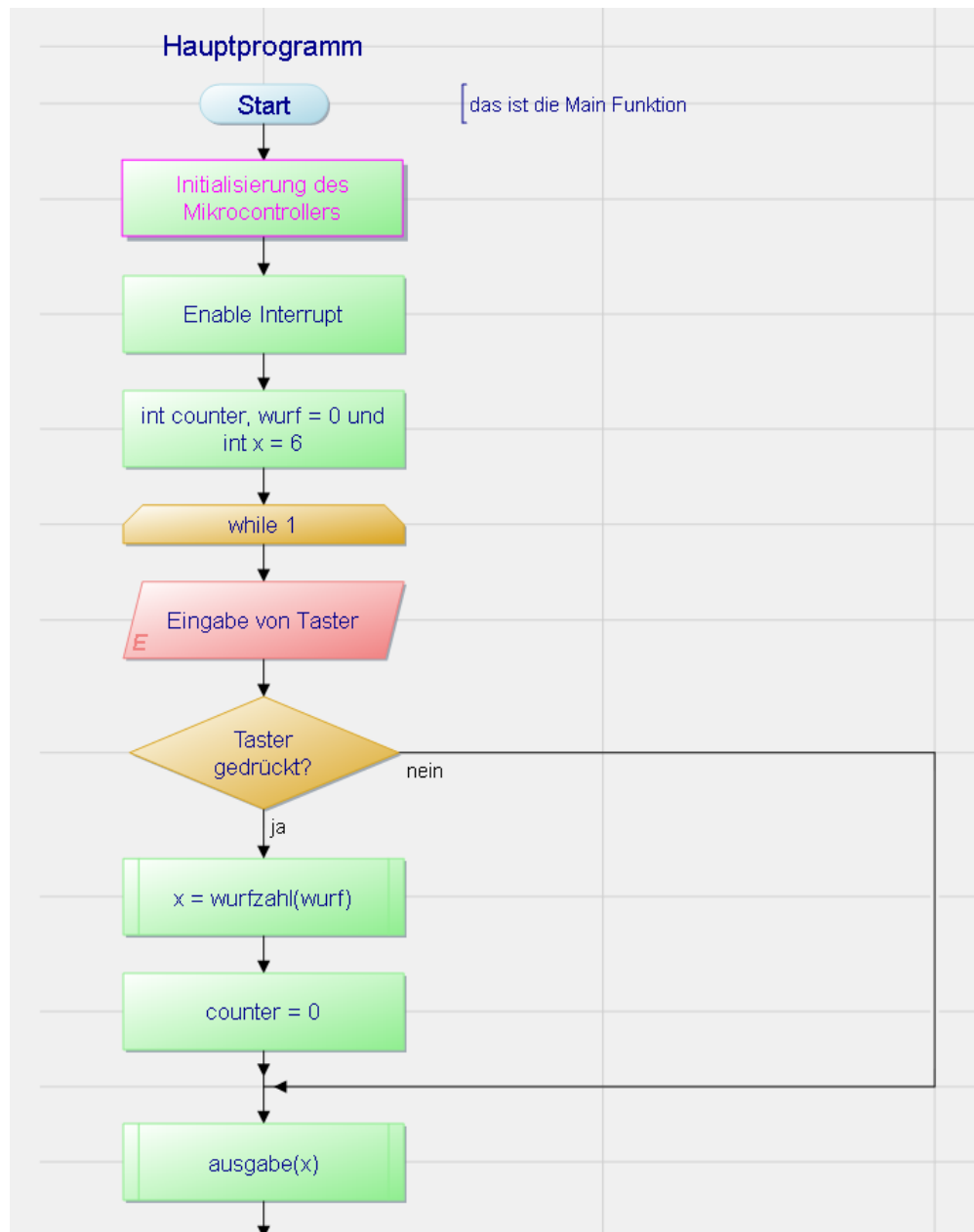


Abbildung 2.8: PAP Mainfunktion Teil 1

Bevor das eigentliche Programm beginnt, wird zuerst der Mikrocontroller initialisiert, der Interrupt eingeschaltet und die für das Programm notwendigen globalen

2 Projektbericht

Variablen deklariert und initialisiert.

Dabei wird zwischen den Integer Variablen *counter* und *wurf* unterschieden. Die Variable *counter* ist ein Zähler bzw. eine Art Timeout, welches für den Sleep-Modus zuständig ist und die Variable *wurf* als ein Eingabeparameter für die Generierung einer Pseudozufallszahl. Sie werden unabhängig von einander betrachtet, um zu garantieren, dass immer zufällige Zahlen generiert werden. Beide werden am Anfang auf 0 gesetzt.

Die Integer Variable *x* ist die generierte Zufallszahl und dient als Eingabeparameter für die Ausgabefunktion, mit Hilfe dieser die LEDs angesteuert werden und der Würfel die jeweilige Augenzahl anzeigt. Sie wird für den ersten Wurf mit einem freigewählten Ausgangswert von 6 initialisiert, damit der Mikrocontroller, wenn er in den Schlafmodus übergeht, diesen Wert als quasi letzten Wurf anerkennt.

In der Endlosschleife wird zunächst einmal geprüft ob der Taster gedrückt ist (siehe Abb. 2.8). Wenn dies der Fall ist, wird die Unterfunktion *wurfzahl* mit dem Parameter *wurf* ausgeführt, wo eine Pseudozufallszahl zwischen 1 und 6 mit Hilfe der Formel:

$$\text{zufallszahl} = \text{rand}() \% 6 + 1$$

generiert wird. Dabei nutzt diese Funktion die übergebene Variable *wurf* als ein sogenanntes *Seed* bzw. Initialisierung für die Berechnung der Pseudo-Zufallszahl mit Hilfe der *rand()* Funktion (siehe Abb. 2.9).

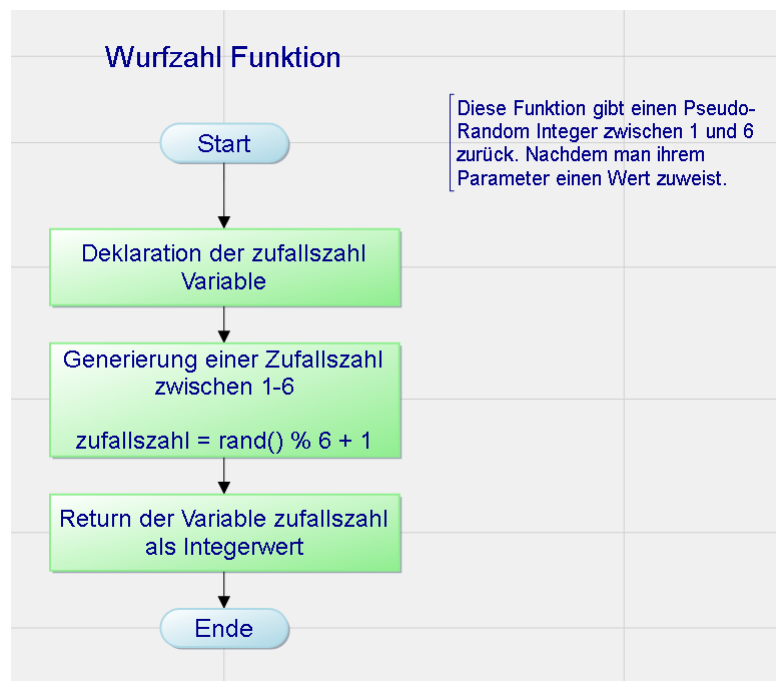


Abbildung 2.9: PAP Wurfzahl Funktion

Sobald die Wurfzahlfunktion eine Zahl generiert hat, wird diese an die Variable *x* übergeben und der *counter* wieder auf 0 gesetzt. Egal ob der Taster gedrückt wurde

2 Projektbericht

oder nicht, wird die Zahl, die in der Variable x gespeichert ist, in der Funktion $ausgabe(x)$ für die Ansteuerung der LEDs verwendet (siehe Abb. 2.10).

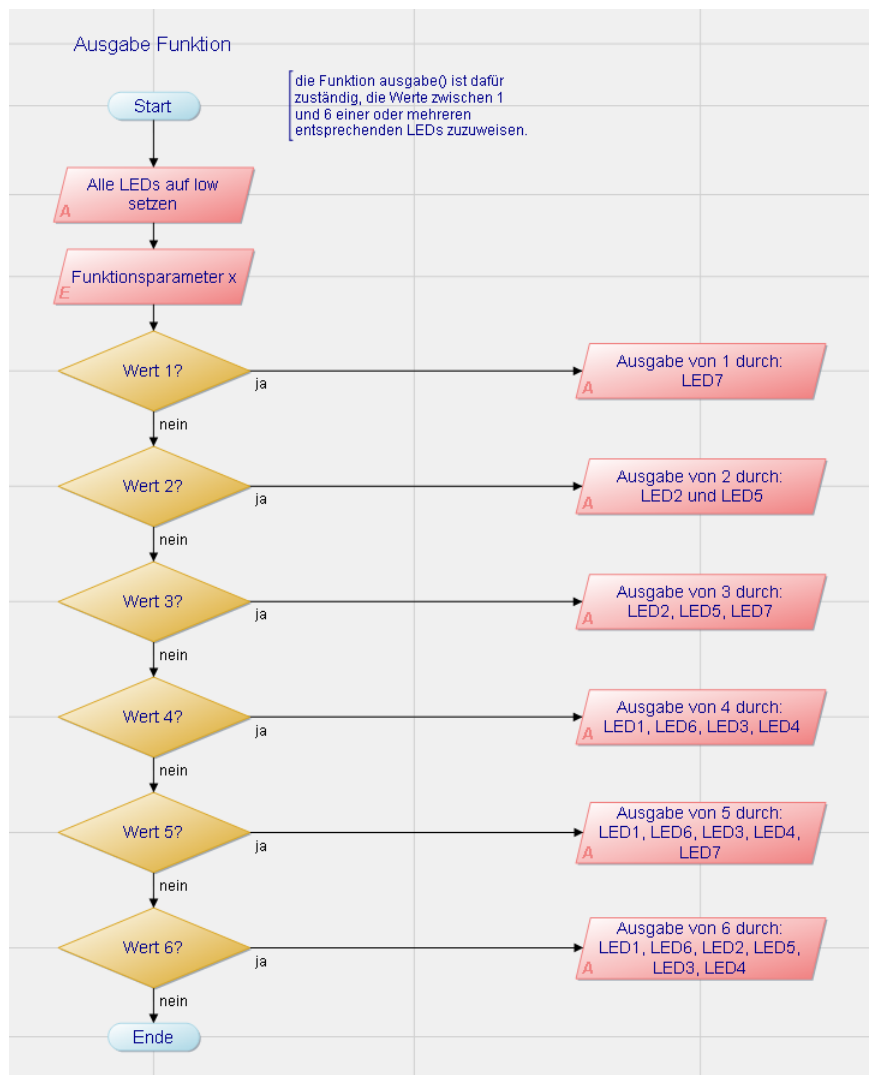


Abbildung 2.10: PAP Ausgabefunktion

Damit der Mikrocontroller nicht zu viel Strom verbraucht, wird daraufhin eine Abfrage gemacht, ob der *counter*, der sich gleich nach dem Einschalten des Mikrocontrollers jede Millisekunde um 1 Wert inkrementiert, nicht schon den Wert 15000 erreicht hat, was ca. 15 Sekunden entspricht. Falls das nicht der Fall ist, wird der *counter* und *wurf* weiter um 1 inkrementiert. Falls der *counter* den Wert 15000 erreicht hat, werden alle LEDs ausgeschaltet und der Mikrocontroller in den SLEEP() Mode gebracht, woraufhin er nur durch einen Interrupt, sprich einen Taster wieder aufgeweckt werden kann. Wenn dies geschieht, wird der *counter* und *wurf* auf 0 gesetzt und der letzte Wurf wird mit Hilfe der *ausgabe(x)* Funktion angezeigt (siehe Abb. 2.11).

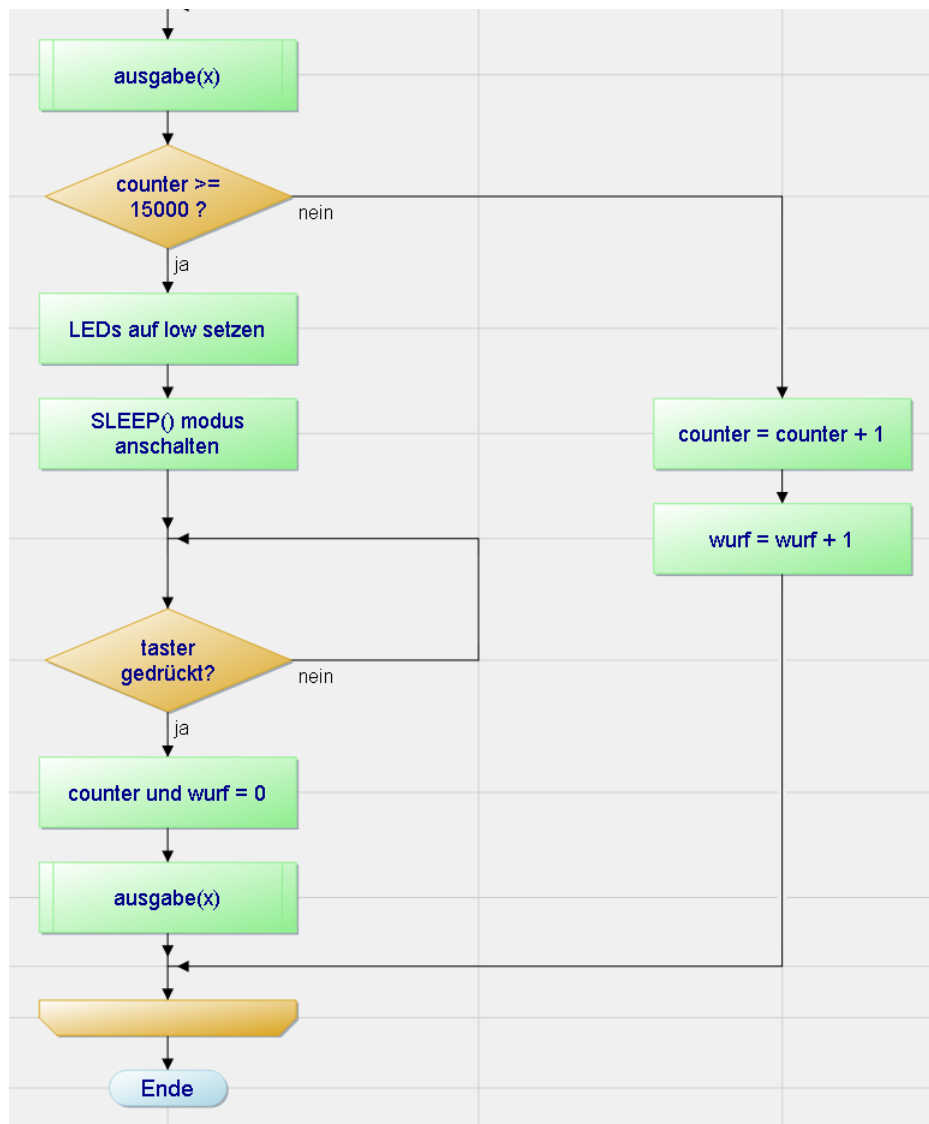


Abbildung 2.11: PAP Mainfunktion Teil 2

2.3 Berechnungen

2.3.1 Widerstände

Da nun die 7 LEDs durch 4 Pins angesteuert werden, teilen sich 3 Pins bzw. 6 LEDs den jeweils selben Vorwiderstand und stehen deshalb parallel zueinander. Nur die LED7 besitzt einen eigenen Pin und Vorwiderstand. Somit ergeben sich folgende Berechnungen für die von uns ausgewählte rotfarbige LEDs von OSRAM mit 1.8V Durchlassspannung und 2 mA Flusstrom (siehe Tabelle im Kapitel 1.1):

Reihenschaltung:

$$R_{vor} = \frac{U_{PIC} - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{3V - 1.8V}{2mA} = 600\Omega$$

Parallelschaltung:

$$R_{vor(parallel)} = \frac{U_{PIC} - U_{LED}}{I_{LED} + I_{LED}} = \frac{3V - 1.8V}{2mA + 2mA} = 300\Omega$$

2.3.2 Würfelvorgänge

Im folgenden Kapitel soll die ungefähre Anzahl der Würfelvorgänge bestimmt werden. Dabei müssen einige Komponenten dafür berücksichtigt werden.

Zum einem wird eine herkömmliche CR2032 Knopfzelle mit einer Kapazität von 220mAh und einer Spannung von 3V als Energiequelle verwendet. Als Verbraucher sind der Microcontroller PIC12F1840 mit einem durchschnittlichen Betriebsstrom von $34\mu A/MHz$ und einer Eingangsspannung von 1.8V und die SMD LEDs von OSRAM mit 2mA Flusstrom und 1.8V Durchlassspannung.

Für die Berechnung des Gesamtstroms bei 1MHz Taktfrequenz des Mikrocontrollers ergibt sich die folgende Formel:

$$I_{ges} = I_{PIC} + 7 \cdot I_{LED} = 30 \cdot 10^{-6} A + 7 \cdot 2 \cdot 10^{-3} A = 0,01403 A = 14,03 mA$$

Bei einer durchgehenden Leistungsaufnahme der Verbraucher kann die Betriebsdauer mithilfe dieser Berechnung bestimmt werden:

$$t_{betrieb} = \frac{\text{Nennkapazitaet der Batterie}}{\text{Leistungsaufnahme der Verbraucher}}$$

$$t_{betrieb} = \frac{220mAh}{14,03mA} = 15,68h$$

2 Projektbericht

Damit entspricht die Batterie-Betriebszeit von 15,68 Stunden bei einer durchgehenden Leistungsaufnahme der Verbraucher.

Wenn man nun davon ausgeht, dass ein Würfelvorgang 15 Sekunden dauert und alle LEDs an sind, ergibt sich die folgende Berechnung für die Anzahl der Würfelvorgänge:

$$N_{\text{Würfelvorgänge}} = \frac{t_{\text{betrieb}}}{t_{\text{Würfelvorgang}}} = \frac{56448s}{15s} = 3763,2$$

Die Anzahl der Würfelvorgänge beträgt somit 3763,2, wenn alle LEDs gleichzeitig für 15 Sekunden leuchten werden.

Jedoch ist dies bei einem Würfelspiel eher unwahrscheinlich, da er einen gewissen Erwartungswert $E(X) = 3,5$ besitzt und man somit davon ausgehen kann, dass durchschnittlich 3,5 LEDs pro Würfelvorgang angehen werden. Damit sieht die neue Berechnung wie folgt aus:

$$I_{\text{ges}} = I_{\text{PIC}} + 3,5 \cdot I_{\text{LED}} = 30 \cdot 10^{-6}A + 3,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}A = 0,00703A = 7,03mA$$

$$t_{\text{betrieb}} = \frac{220mAh}{7,03mA} = 31,29h$$

$$N_{\text{Würfelvorgänge}} = \frac{t_{\text{betrieb}}}{t_{\text{Würfelvorgang}}} = \frac{112660s}{15s} = 7510$$

Somit kann man mit 7510 Würfelvorgängen bei einem Erwartungswert von 3,5 LEDs pro Würfelvorgang rechnen.

2.4 Simulation

Die Simulation des Projekts wurde mithilfe der Proteus 8 Professional Software durchgeführt. Dabei wurde zuerst das Schaltplan erstellt und das Programm mit Hilfe der .Hex Datei, die bei Kompilierung des Programms von MPLAB erstellt wurde, simuliert und anschließend das Layout erstellt. Dazu musste der footprint einiger Bauteile manuell erstellt werden, da diese in der Proteus Bibliothek nicht zu finden waren. Dabei wurde das Programm und die Schaltung auf mögliche Fehler untersucht. Testszenarien wurden ebenfalls aufgestellt und durchgeführt.

2.4.1 Schaltplan

Beim Schaltplan wurde auf eine ordentliche und übersichtliche Anordnung der Bauteile und der Verdrahtungen Wert gelegt. Für den Taster wurde ein PULLDOWN Widerstand eingebaut, damit der Taster nicht prellt. Alle Bauteile wurden beschriftet und mit ihren jeweiligen Werten versehen.

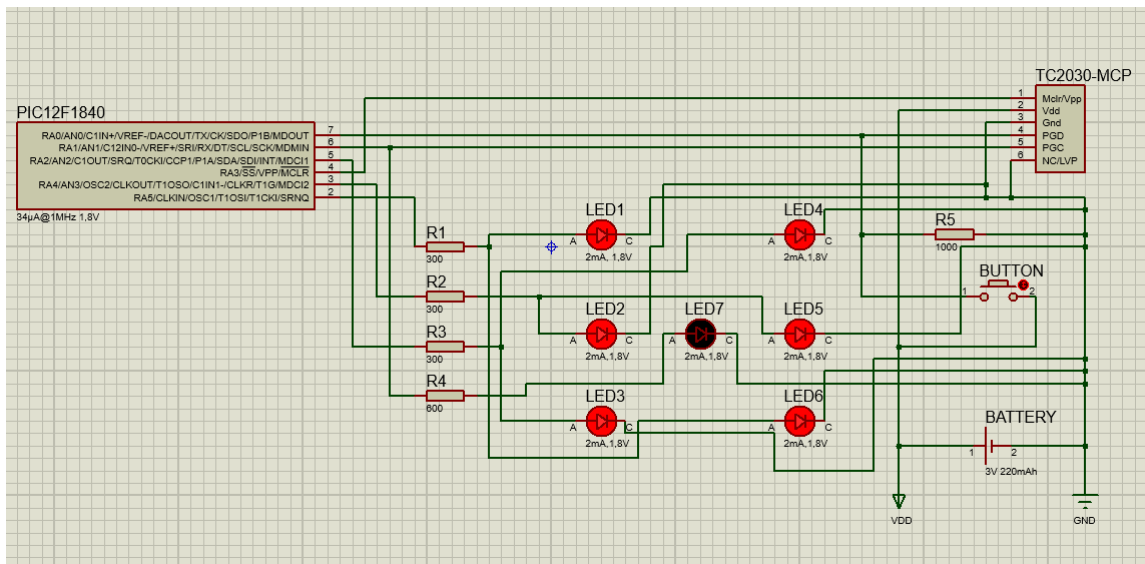


Abbildung 2.12: Schaltplan elektronischer Würfel

2.4.2 Layout

Das Layout wurde auf einer zweiseitigen Leiterplatte erstellt. Sie besitzt eine Abmaße von 42,5mm x 35mm. Auf der Vorderseite befinden sich die LEDs mit den Vorwiderständen, sowie der Taster. Die Batteriehalterung, der Microcontroller und Link-Connect-Schnittstelle wurden auf die Rückseite der Leiterplatte platziert.

Die Verbindung der Bauteile wurde größtenteils durch die Auto-Routing-Funktion durchgeführt. Nur zwischen Link-Connector und einem Taster sowie einer LED mussten zwei Routing Verbindungen manuell durchgeführt werden.

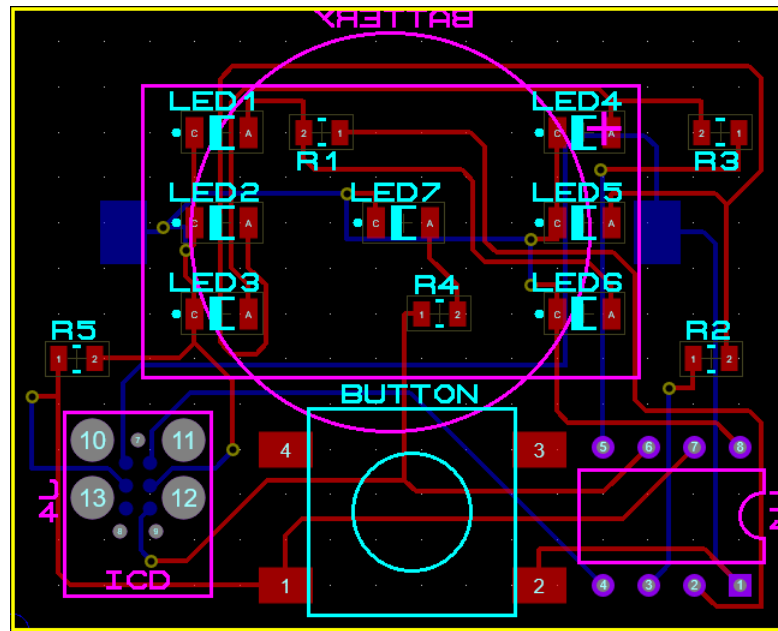


Abbildung 2.13: Layout elektronischer Würfel

3 Gebrauchsanweisung e-Würfel

Vielen Dank für den Erwerb des elektronischen Würfels! Dieser Würfel kann überall dort eingesetzt werden, wo ein realer Würfel auch ebenfalls Verwendung findet. In den nachfolgenden Schritten wird kurz die Bedienung des elektronischen Würfels erläutert. Achten Sie bitte dabei auf eine aufmerksame und vorsichtige Bedienung des Würfels, da es viele kleine Bauelemente enthält, die ggf. kaputt oder beschädigt werden können. Außerdem sollten Sie darauf wie bei allen elektronischen Geräten auch auf einen sorgvollen Umgang achten.

Viel Spaß mit Ihrem neuen e-Würfel!

Inbetriebnahme

Sie brauchen dafür eine Knopfzellenbatterie des Typs CR2032, idealerweise mit einer Spannung von 1.8V und 220mAh. Setzen Sie diese in die auf der Rückseite des e-Würfels befindliche Batteriehalterung ein. Achten Sie auf die richtige Polarität!

Würfeln

Um den Würfelvorgang zu starten, drücken Sie beliebig lange auf den Taster, dabei wird der Vorgang animiert. Beim los lassen des Tasters, wird die Zufallswürfelzahl ausgegeben. Sie erkennen diese an den LEDs die leuchten.

Würfel ausschalten

Falls Sie eine kurze Pause oder nicht mehr spielen möchten, genügt es lediglich den Taster für 15 Sekunden nicht zu betätigen, dann schaltet sich der e-Würfel automatisch aus bzw. geht in den Schlafzustand. Wenn Sie den Würfel komplett ausschalten möchten, dann entnehmen Sie dafür wieder die Batterie aus der Batteriehalterung des e-Würfels.

Letzten Wurf anzeigen

Sollten Sie innerhalb der 15 Sekunden den Taster nicht betätigt haben oder Sie haben eine längere Pause gemacht, so können Sie beim erneuten drücken des Tasters den letzten Wurf angezeigt bekommen. Wenn sie weiter spielen möchten, dann drücken Sie erneut den Taster beliebig lang gedrückt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt kann man sagen, dass es sich um ein recht interessantes Projekt gehandelt hatte. Es dient gut für Menschen, die am Elektronikdesign und der Programmierung interessiert sind und das näher kennenlernen möchten. Die Aufgabenstellung war außerdem recht offen für eigene Kreativität bei der Auswahl der Hardware und bei der Gestaltung der Software gewesen. Durch die Simulation der Software und Hardware kann damit auch ein reales Projekt, ohne viel auf dem Steckbrett basteln zu müssen, somit durchgeführt werden. Es wurde ein reales Kundenprojekt simuliert und von Anfang bis Ende dokumentiert und bearbeitet.

Tabellenverzeichnis

1.1	Verwendete Hardware	2
-----	-------------------------------	---

Abbildungsverzeichnis

1.1	Pin-Diagramm des 12F1840 Microcontrollers	3
1.2	TC2030-MCP Darstellung	3
2.1	Blockschaltbild LED-Würfel	7
2.2	Augenzahl 1	7
2.3	Augenzahl 2	8
2.4	Augenzahl 3	8
2.5	Augenzahl 4	8
2.6	Augenzahl 5	9
2.7	Augenzahl 6	9
2.8	PAP Mainfunktion Teil 1	10
2.9	PAP Wurfzahl Funktion	11
2.10	PAP Ausgabefunktion	12
2.11	PAP Mainfunktion Teil 2	13
2.12	Schaltplan elektronischer Würfel	16
2.13	Layout elektronischer Würfel	17

Literaturverzeichnis

[Microchip, 2011] Microchip (2011). Pic12(l)f1840 data sheet - 8-pin flash microcontrollers with nanowatt xlp technology. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41441B.pdf>. Letzter Zugriff: 08.04.2021.

[Tag-Connect, 2010] Tag-Connect (2010). Tc2030-mcp datasheet. <https://de.farnell.com/microchip/tc2030-mcp/cable-tag-connect-debugger-programmer/dp/2396152?st=tc2030>. Letzter Zugriff: 08.04.2021.