



Aufbau- und Bedienungsanleitung

Felix Pflaum
f.pflaum@gmail.com

Stand: 19.11.2022

Inhaltsverzeichnis

I	Aufbauanleitung	3
1	Vorbereitung	4
1.1	Benötigtes Werkzeug	5
1.2	Wichtige Hinweise	5
2	Aufbau	7
2.1	Panel	7
2.2	Basis	11
2.3	Batterie	15
2.4	Zusammenbau	15
3	Programmierung	18
3.1	Softwaredownload	18
3.2	MCP2221	18
3.2.1	Treiberinstallation	18
3.2.2	Konfiguration	19
3.3	ATmega328P	20
3.3.1	Bootloader	20
3.3.2	Firmware	21
II	Bedienungsanleitung	23
1	Funktionsübersicht	24
1.1	Hauptschalter	25
1.2	Batterieanzeige	25
1.3	Ladebuchse	25
1.4	Durchgangstest	25
1.5	Scharfschalten	25
1.6	Modusauswahl	25
1.7	Triggereingang	26
1.8	Kanalklemmen	26
1.9	Status-LEDs	26
1.10	Programmierschluss	26
2	Programmierung	27
2.1	Oberfläche	27
2.1.1	Hauptfenster	27
2.1.2	Zusatzfenster Absolutzeiten	29
2.2	Terminal	29

Teil I

Aufbauanleitung

1 Vorbereitung

FUOCO STEP besteht aus zwei Platinen (=PCBs), der Basis (kleine Platine) und dem Panel (große Platine), zum Lieferumfang des Bausatzes gehören neben den Platinen und ihren Lötteilen, die in den Tabellen 2.1 und 2.2 in den jeweiligen Unterkapiteln aufgeführt wurden:

- Koffer Seahorse SE-120
- Blei-Gel-Akku 12 V/1,2 A h
- Hauptschalter mit blauer LED
- Spannungsanzeige
- Micro-USB-Anschluss für Gehäusemontage
- Ladebuchse für Niedervoltstecker
- Schlüsselschalter
- Druckschalter für Durchgangstest
- Drehschalter mit elf Widerständen und drei Kabeln (rot, gelb, schwarz)
- Crimpbuchse mit drei Kabeln (rot, weiß, grau)
- Crimpbuchse mit acht Kabeln (blau, schwarz, rot, schwarz, violett, violett, gelb, gelb)
- Je ein rotes und ein schwarzes Kabel mit Kabelschuh
- Je ein rotes und ein schwarzes Kabel ohne Kabelschuh
- Ein Paar Deans-Steckverbinder (Buchse für Anschluss an Batterie, Stecker an PCB) mit Lötanschlüssen
- Isolationsabdeckung für Lötkontakte auf der Paneloberseite
- Vier Distanzhülsen der Länge 11 mm als Abstandshalter zwischen Basis und Panel
- Vier Gewindeschrauben M3x16 mit Muttern zur Verschraubung der beiden Platinen
- Zwei Gewindeschrauben M3x6 mit Muttern zur Befestigung der Lötstellenabdeckung am Panel
- Zwei Gewindeschrauben M2x6 mit Muttern zur Befestigung der Spannungsanzeige im Panel
- Sechs Blechschrauben 3x10 zur Verschraubung des Panels mit dem Koffer
- Schrumpfschlauchabschnitte der Durchmesser 26 mm (grün), 6,4 mm (blau), 4,8 mm (schwarz) und 3,2 mm (blau)

1.1 Benötigtes Werkzeug

Für den Aufbau braucht man:

- Lötkolben
- Lötzinn
- Seitenschneider
- Cuttermesser
- Kreuzschraubendreher PH1 oder PZ1
- Zange oder Maulschlüssel zum Festhalten/Drehen von Muttern
- Heißluftfön zum Schrumpfen von Schrumpfschläuchen; ein normaler Fön reicht und ist dem Feuerzeug vorzuziehen
- Gewebepband und/oder Teppichklebeband zum Fixieren des Akkus im Koffer
- Maßband/Meterstab
- Multimeter, Entlötlitze und -pumpe können sich für die Fehlerkorrektur als hilfreich erweisen, sind aber nicht zwingend notwendig

1.2 Wichtige Hinweise

Wenig ist frustrierender als umsonst verrichtete harte Arbeit, vom im wahrsten Sinne des Wortes verbrannten Geld bei Zerstörung von Platine oder Bauteilen ganz zu schweigen. Daher bitte beachten:

- Anleitung vor dem Löten lesen und bei Unklarheiten nachfragen!
- Beim Löten Zeit lassen, gewissenhaft und gründlich arbeiten. Auf eine saubere Trennung der Lötstellen achten, speziell bei enger Nachbarschaft (Stift- und Buchsenleisten, integrierte Schaltungen, ...). Ein sehr gutes, wenn auch leider englischsprachiges Lehrvideo zum korrekten Löten gibt es unter <https://www.youtube.com/watch?v=IpkkfK937mU>, die Löttemperatur sollte bei Verwendung von bleihaltigem Lötzinn nicht höher als 350 °C liegen¹.
- Es kann sich als hilfreich erweisen, Bauteile zunächst mit einer einzigen Lötstelle in der Platine zu fixieren, damit sie nicht mehr herausfallen können. Anschließend dann die Lötstelle noch einmal erhitzen und, wenn das Zinn flüssig ist, das Bauteil mit einem geeigneten Werkzeug oder der freien Hand (nicht die Finger verbrennen!) in die korrekte Position drücken und festhalten, während man den Lötkolben entfernt und die Lötstelle erkalten lässt. Nun kann man die restlichen Stellen löten und sollte abschließend auch noch einmal die erste Lötstelle mit frischem Zinn versorgen.
- Den Arbeitsbereich übersichtlich halten. Beim Lötkolben ist nicht nur die Spitze heiß, daher alles so arrangieren, dass man auch wirklich nur die Lötstelle berührt und nicht unbeabsichtigt frei hängende Kabel oder andere Bauteile anbrennt/schmilzt.
- In der Elektronik ist es üblich, identische Gehäuse für unterschiedliche Bauteile zu verwenden, in unserem Fall beispielsweise für die Transistoren Q19 und Q20 oder die drei Zementwiderstände, welche optisch nur anhand der Beschriftung auf dem Gehäuse unterscheidbar sind. Daher erst genau schauen, dann löten, denn gerade bei den integrierten Schaltungen mit vier oder mehr Kontakten ist ein nachträgliches

¹Der Grund dafür ist, dass das Flussmittel, welches im Lötzinn enthalten ist und Oxidation in der Lötstelle verhindern soll, bei höheren Temperaturen zu schnell verdampft und seine Aufgabe nicht mehr erfüllen kann.

Auslöten ziemlich kompliziert und führt häufig zu Schäden an Bauteil und/oder Platine. Immer genau die Bezeichnung überprüfen, damit alles seinen korrekten Platz findet, um eine funktionsfähige Schaltung zu garantieren.

- Was für den Bauteiltyp gilt, gilt auch für die Orientierung. Mit wenigen Ausnahmen muss diese entweder aus Platz- oder Funktionsgründen beachtet werden. Verpolte Elektrolytkondensatoren können zudem sehr spektakulär explodieren und das wollen wir doch lieber den pyrotechnischen Gegenständen überlassen!
- Vor dem Anschließen des Akkus an die Platine noch einmal kritisch prüfen, dass man keine unerwünschten Verbindungen hergestellt hat. Der Akku liefert für einige Sekunden problemlos Strom im zweistelligen Amperebereich, für die manche Bauteile und Leiterzüge nicht ausgelegt sind.

2 Aufbau

2.1 Panel

Bauteilindex

Die in der Platine zu verlötenden Teile sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Reference	Value/Name	Package
CH		
CH1	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH2	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH3	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH4	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH5	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH6	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH7	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH8	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH9	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH10	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH11	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH12	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH13	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH14	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH15	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
CH16	CH	LMZFL_7-2-135-3.5
D		
D1	LED	LED_D3.0mm
D2	LED	LED_D3.0mm
D3	LED	LED_D3.0mm
D4	LED	LED_D3.0mm
D5	LED	LED_D3.0mm
D6	LED	LED_D3.0mm
D7	LED	LED_D3.0mm
D8	LED	LED_D3.0mm
D9	LED	LED_D3.0mm
D10	LED	LED_D3.0mm
D11	LED	LED_D3.0mm
D12	LED	LED_D3.0mm
D13	LED	LED_D3.0mm
D14	LED	LED_D3.0mm
D15	LED	LED_D3.0mm
D16	LED	LED_D3.0mm
D17	ACTIVE	LED_D5.0mm
D18	TRIGGERED	LED_D5.0mm
D19	ARMED	LED_D5.0mm

Reference	Value/Name	Package
D20	DATA	LED_D5.0mm
J		
J1	Conn_02x22_Odd_Even	PinHeader_2x22_P2.54mm_Vertical
TR		
TR1	CH	LMZFL_7-2-135-3.5

Tabelle 2.1: Bauteile des Panels

Vorgehensweise

Die Bauteile sollten von klein nach groß eingelötet werden und jeweils bündig auf der Platine aufliegen:

1. Die 3-mm-LEDs, hierbei ist auf korrekte Polarität zu achten: Der kürzere Draht an der abgeflachten Seite der LED gehört ins quadratische Lötpad, der längere Draht ins runde. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
2. Die 5-mm-LEDs, hier hinsichtlich Polarität analog zu den 3-mm-LEDs vorgehen. Die Farbzurordnung lautet:
 - ARMED: rot
 - DATA: gelb
 - ACTIVE: orange
 - TRIGGERED: grün

Drähte nach dem Einlöten kürzen.

3. Die Klemmen, welche logischerweise mit ihren Öffnungen nach vorne zeigen sollen. Hier bitte aufgrund der späteren mechanischen Belastung durch das Drücken der Hebel besonders darauf achten, dass die Unterseite auf der Platine aufliegt und die Klemme nicht in der Luft hängt.
4. Die Stiftleiste, die im Gegensatz zu den anderen Bauteilen von der Unterseite zu stecken und von der Oberseite zu löten ist

Der Zwischenstand sollte dann in etwa so aussehen wie in Abbildung 2.1, wobei die LEDs nicht farbecht dargestellt sind.

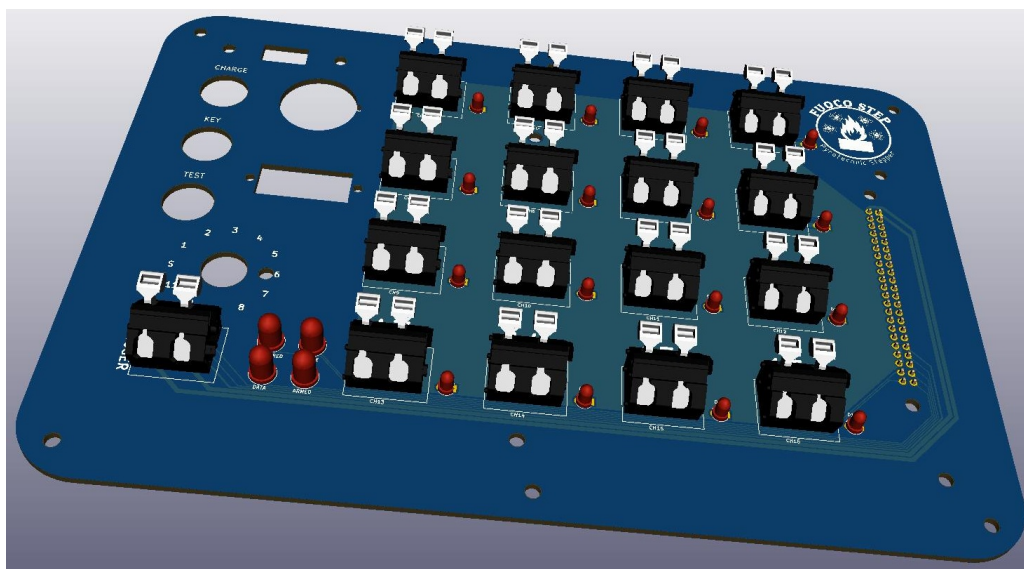


Abbildung 2.1: 3D-Illustration des gelöteten Panels

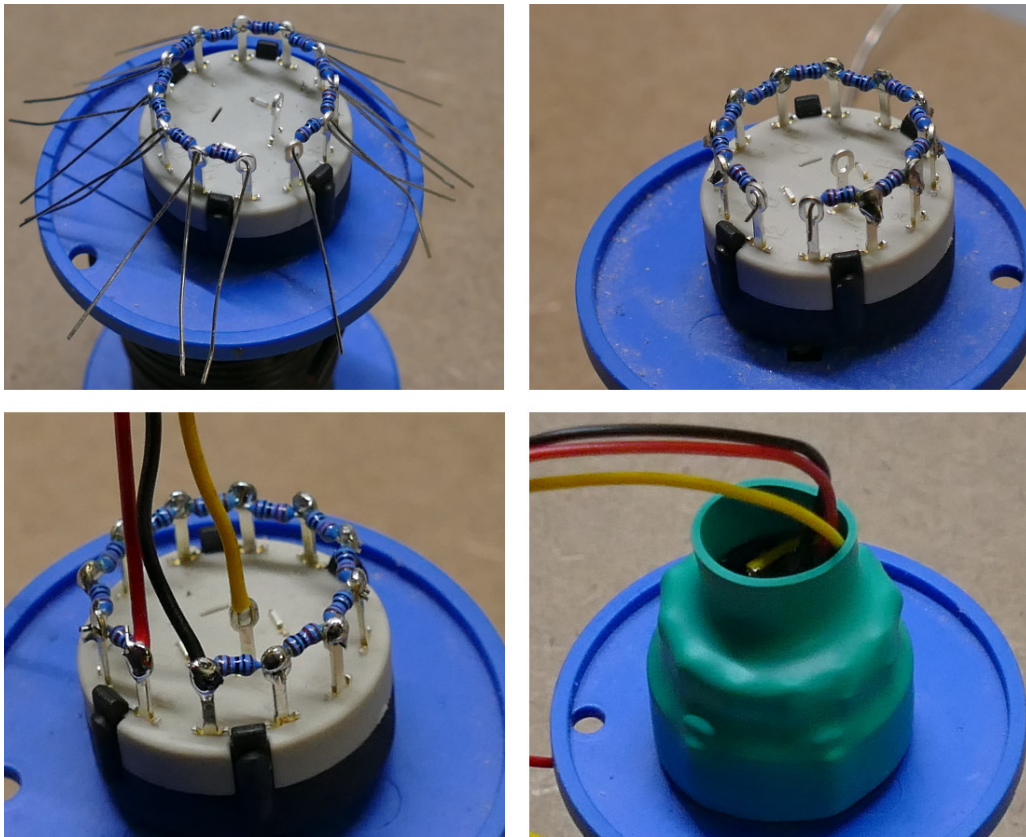


Abbildung 2.2: Konfektionierung des Drehschalters: Stecken der Widerstände, Verlöten der Widerstände, Verlöten der Kabel, Isolierung mittels Schrumpfschlauch (von links oben nach rechts unten)

Anschließend müssen die restlichen Löcher in der Platine gefüllt werden:

Drehschalter Die Schritte zur Konfektionierung des Drehschalters sind in Abbildung 2.2 illustriert. Den Schalter hierzu kopfüber positionieren, um bequem an der Unterseite arbeiten zu können.

Zunächst müssen die elf kleinen Widerstände von innen nach außen zwischen den Kontakten 1 und 2, 2 und 3, 3 und 4, ..., 11 und 12 gesteckt werden, nur die Lücke zwischen 1 und 12 bleibt frei (Bild links oben). Anschließend werden die Drahtpaare an den Pins 2 bis 11 gelötet; 1 und 12 noch nicht verlöten, erst Kabel anbringen (Bild rechts oben). Am Pin 1 ist das kurze schwarze, am Pin 12 das kurze rote und zusätzlich am inneren Pin das kurze gelbe Kabel anzulöten (Bild links unten). Falls ein Multimeter zur Verfügung steht, sollte jetzt kontrolliert werden, ob zwischen rotem und schwarzem Kabelende ein Widerstand im Bereich von $110\text{ k}\Omega$ gemessen wird. Falls nicht, alle Lötstellen noch einmal genau überprüfen bzw. nacharbeiten und neu messen. Liegt der Widerstand schließlich im angestrebten Bereich, kann man abschließend den grünen Schrumpfschlauch auf den Schalter ziehen und per Fön erhitzen, wobei die Kabel noch herausstehen sollen (Bild rechts unten).

Nun den Schalter in die Platine stecken, festschrauben und die Schalterkappe befestigen. Am Ende müssen dann die drei Kabel auf der Platine festgelötet werden. Hierzu zunächst die Pads kräftig mit Lötzinn vorverzinne, die Kabel am Ende der Isolierung abknicken, Pad erhitzen und Kabelende in den Zinn drücken: rot bei Pad „3,3V“, gelb bei Pad „ADC“ und schwarz bei Pad „GND“. Das Erkalten des Zinns kann ein paar Sekunden dauern, daher das Kabel nicht zu früh loslassen.

Testschalter In die Platine stecken und festschrauben

Schlüsselschalter In die Platine stecken und festschrauben, dabei darauf achten, dass der rote Punkt am Schalter bei „Inactive“, der grüne bei „Armed“ liegt.

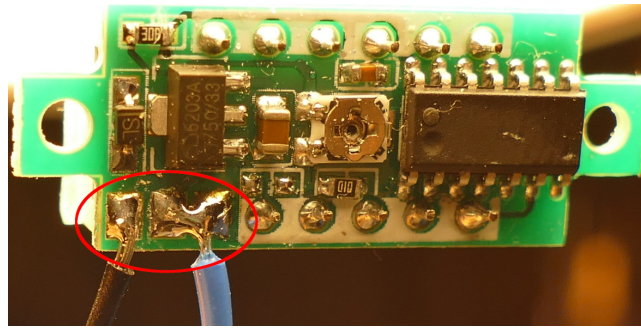


Abbildung 2.3: Anschluss des Displays zur Spannungsanzeige

Ladebuchse In die Platine stecken und festschrauben. Vor dem späteren Löten (siehe weiter unten) die Gummabdeckung öffnen, damit der Gummi durch die Hitze keinen Schaden nimmt!

Spannungsanzeige In die Platine stecken und mit den M2-Schrauben und zugehörigen Muttern festschrauben. Orientierung beachten, so dass die Dezimalpunkte, wie in Abbildung 1.1 gezeigt, nach unten weisen.

Hauptschalter In die Platine stecken, bis er einrastet (erfordert mehr als nur sanften Druck)

Micro-USB-Anschluss Mit den zugehörigen Schrauben festschrauben

Abdeckung der Lötstellen Mit den beiden M3x6-Schrauben und passenden Muttern befestigen

Die Bedien- und Anzeigeelemente, welche in der Platine verschraubt sind, müssen nun noch mit den entsprechenden Kabeln verbunden werden, die später den Kontakt zur Steuerplatine herstellen.

Hierfür zunächst die Schrumpfschlauchabschnitte vorbereiten:

- Vom Schrumpfschlauch mit 6,4 mm Durchmesser drei Teile mit je 15 mm Länge abschneiden (für die Hauptschalterkontakte), den Rest in zwei gleiche Hälften zerschneiden (für die Befestigung am Akku).
- Aus dem Schrumpfschlauch mit 4,8 mm Durchmesser vier gleichlange Teile herstellen (für die Deans-Verbinder)
- Aus dem Schrumpfschlauch mit 3,2 mm Durchmesser sechs gleichlange Teile herstellen (für Ladebuchse, Schlüssel- und Testschalter)

Beim dreipoligen Crimpgehäuse zunächst die drei kurzen Schrumpfschlauchstücke des Durchmessers 6,4 mm über die losen Kabelenden bis zum Gehäuse schieben. Die Zuordnung zwischen Kabeln und Kontakten ist: Rotes Kabel an den äußeren silbernen Kontakt des Hauptschalters, weißes Kabel an den Mittelkontakt und graues Kabel an den goldenen Kontakt. Dann aus dem abisolierten Teil des Kabels ein „U“ formen, das Kabel durch den zugehörigen Kontakt fädeln und vor dem Verlöten mit einer Zange auf beiden Seiten die Litze an den Kontakt drücken, dann verlöten. Kontakte danach mit den vorher aufgeschobenen Schrumpfschläuchen isolieren.

Beim achtpoligen Crimpgehäuse zunächst das blaue Kabel mit den beiden inneren Kontakten des Displays verbinden, das benachbarte schwarze Kabel mit dem Außenkontakt wie in Abbildung 2.3 im roten Kreis gezeigt. Hierzu das Litzenbündel beim blauen Kabel in zwei gleich starke Äste aufspalten, verdrehen und vor dem Verlöten sauber in die beiden Löcher einführen. Gut darauf achten, dass zwischen dem mittleren und äußeren Pad kein Kurzschluss entsteht. Zur Sicherheit kann vorsichtig mit dem Cuttermesser zwischen den beiden Pads gekratzt werden.

Anschließend Schrumpfschläuche des Durchmessers 3,2 mm über die gelben, violetten sowie das rote und übrige schwarze Kabel bis zum Gehäuse schieben, die Durchfädelschritte wie beim Hauptschalter anwenden und folgendermaßen verlöten: Rotes Kabel an den L-förmigen Kontakt der Ladebuchse, welcher mit dem Stift verbunden ist, schwarzes dickes Kabel an den anderen Kontakt der Ladebuchse. Die beiden violetten Kabel gehören an den Schlüsselschalter, die beiden gelben Kabel an den Testschalter, wobei die Pinzuordnung hier egal ist. Kontakte anschließend mit Schrumpfschlauch isolieren.

2.2 Basis

Bauteilindex

Die in der Platine zu verlötenden Teile sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Reference	Value/Name	Package
C		
C1	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C2	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C3	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C4	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C5	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C6	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C7	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C8	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C9	10u	CP_Radial_D6.3mm_P2.50mm
C10	10u	CP_Radial_D6.3mm_P2.50mm
C11	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C12	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
C13	4m7	CP_Radial_D18.0mm_P7.50mm
C14	4m7	CP_Radial_D18.0mm_P7.50mm
C15	100n	C_Disc_D3.8mm_W2.6mm_P2.50mm
D		
D1	1N4001	D_DO-41_SOD81_P10.16mm_Horizontal
D2	1N4001	D_DO-41_SOD81_P10.16mm_Horizontal
J		
J1	Conn_02x22_Odd_Even	PinSocket_2x22_P2.54mm_Vertical
J2	Conn_01x03	Molex_KK-254_AE-6410-03A_1x03_P2.54mm_Vertical
J3	Conn_01x08	Molex_KK-254_AE-6410-08A_1x08_P2.54mm_Vertical
J4	Conn_01x05	PinHeader_1x05_P2.54mm_Vertical
J5	Conn_02x05_Odd_Even	IDC-Header_2x05_P2.54mm_Vertical
J6	Conn_01x02	PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
J7	USB_B_Micro	MIUSB-F5MX-BB-U
Q		
Q1	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q2	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q3	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q4	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q5	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q6	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q7	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q8	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q9	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q10	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q11	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q12	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q13	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q14	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q15	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q16	IRF3708	TO-220-3_Vertical
Q17	BC337	TO-92_Inline_Wide

Reference	Value/Name	Package
Q18	IRF4905	TO-220-3_Vertical
Q19	BC337	TO-92_Inline_Wide
Q20	BC327	TO-92_Inline_Wide
R		
R1	10k	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R2	4k7	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R3	150	R_Radial_Power_L9.0mm_W10.0mm_Px2.90mm_Py2.40mm
R4	2R2	R_Radial_Power_L9.0mm_W10.0mm_Px2.90mm_Py2.40mm
R5	1k5	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R6	270	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R7	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R8	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R9	330	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R10	150k	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R11	47k	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R12	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R13	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R14	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R15	1k0	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal
R16	47	R_Radial_Power_L9.0mm_W10.0mm_Px2.90mm_Py2.40mm
RN		
RN1	10k	R_Array_SIP9
RN2	10k	R_Array_SIP9
RN3	4k7	R_Array_SIP9
RN4	4k7	R_Array_SIP9
U		
U1	ATmega328P-PU	DIP-28_W7.62mm
U2	74HC595	DIP-16_W7.62mm
U3	74HC595	DIP-16_W7.62mm
U4	LM1084-3.3	TO-220-3_Vertical
U5	SFH620A-3	DIP-4_W7.62mm
U6	MCP6002-xP	DIP-8_W7.62mm
U7	MCP2221_IP	DIP-14_W7.62mm
U8	XL6009_Module	XL6009_STEP-UP-MODULE

Tabelle 2.2: Bauteile der Basis

Vorgehensweise

Die Bauteile sollten auch hier von klein nach groß eingelötet werden und jeweils bündig auf der Platine aufliegen, sofern nichts anderes vermerkt ist. Eine fertig bestückte Variante ist in Abbildung 2.6 auf Seite 16 zu sehen:

1. Die kleinen Widerstände R1, R2, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15 in der Bauform 0207. Hier spielt die Polarität keine Rolle, allerdings ist auf die Werte zu achten, die anhand der Farbringe festgestellt werden können¹. Tabelle 2.3 zeigt die Widerstandswerte und ihre farbliche Kennzeichnung.

¹Falls sich jemand genauer für die Kennzeichnung der Widerstände interessiert: jede Farbe symbolisiert eine Zahl, nämlich schwarz=0, braun=1, rot=2, orange=3, gelb=4, grün=5, blau=6, violett=7, grau=8, weiß=9. Der Widerstandswert in Ohm ist bei fünf Ringen folgendermaßen zu lesen: $(100 \cdot \text{Ring1} + 10 \cdot \text{Ring2} + \text{Ring3}) \cdot 10^{\text{Ring4}}$ mit einer Toleranz von Ring5, wobei bei Ring 5 braun=1 %, rot=2 %, grün=0,5 %, blau=0,25 %, violett=0,1 %, gold=5 % und silber=10 % bedeutet. Gold und silber können auch als Farben des Rings 4 auftreten, gold=-1, silber=-2. Der kleinste darstellbare Widerstandswert größer 0Ω mit 1%-Toleranz wäre also die

Wert	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring	5. Ring
270 Ω	rot	violett	schwarz	schwarz	braun
330 Ω	orange	orange	schwarz	schwarz	braun
1 k Ω	braun	schwarz	schwarz	braun	braun
1,5 k Ω	braun	grün	schwarz	braun	braun
4,7 k Ω	gelb	violett	schwarz	braun	braun
10 k Ω	braun	schwarz	schwarz	rot	braun
47 k Ω	gelb	violett	schwarz	rot	braun
150 k Ω	braun	grün	schwarz	orange	braun

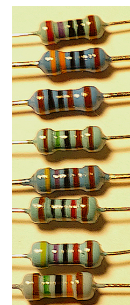


Tabelle 2.3: Identifizierung der Widerstandswerte

Der „erste“ Ring ist derjenige, der am weitesten außen am Gehäuse angebracht ist, ansonsten den Widerstand so drehen, dass die Farbreihenfolge einer in der Tabelle genannten entspricht, rechts muss immer ein brauner Ring sein.

Besondere Vorsicht ist bei den Werten geboten, die sich nur um Zehnerpotenzen, also nur im vierten Ring unterscheiden: (1 k Ω und 10 k Ω , 1,5 k Ω und 150 k Ω sowie 4,7 k Ω und 47 k Ω). Hier darauf achten, dass bei den jeweils kleineren Werten der vierte und fünfte Ring dieselbe Farbe besitzen.

Drähte nach dem Einlöten kürzen.

- Die beiden Dioden D1 und D2, wobei die Orientierung wichtig ist. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
- Die kleinen 100-nF-Kondensatoren C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C11, C12, C15, Orientierung spielt keine Rolle. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
- Den ATmega328P-PU (U1), die beiden 74HC595 (U2, U3), den SFH620A-3 (U5), den MCP6002 (U6) und den MCP2221-I-P (U7), dabei unbedingt auf korrekte Orientierung achten. Die größeren Gehäuse besitzen an einer der kurzen Seiten eine halbkreisförmige Vertiefung, die im Bestückungsdruck auf der Platine nachempfunden ist, beim Optokoppler SFH620A-3 (U5) ist Pin 1 durch einen Punkt auf dem Gehäuse markiert und gehört ins quadratische der vier Pads.
- Die Buchsenleiste, die im Gegensatz zu den anderen Bauteilen von der Unterseite zu stecken und von der Oberseite zu löten ist
- Die Widerstandsnetzwerke RN1, RN2, RN3, RN4. Wichtig: Der Punkt auf dem schwarzen Gehäuse muss jeweils am quadratischen Lötpad liegen. Aufschrift beachten, die beiden Netzwerke mit der Aufschrift „•A472G“ gehören an den Rand der Platine neben der Buchsenleiste, die Netzwerke mit der Aufschrift „•A103G“ neben die Schieberegister.
- Die drei Transistoren Q17, Q19 und Q20 im Package TO-92. Auf korrekte Zuordnung achten, da Q20 trotz gleichem Gehäuse ein anderes Modell, nämlich ein BC327 ist als die beiden anderen, bei denen es sich um BC337 handelt. Ebenso korrekte Orientierung sicherstellen und nicht mit Gewalt in die Platine drücken. Es sollen ruhig noch ein paar Millimeter Draht auf der Oberseite heraus schauen, das schwarze Gehäuse soll nicht aufliegen. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
- Die Molexkonnektoren J2 und J3, die Plastikwand muss jeweils zur Platinenmitte weisen
- Das Boost-Modul U8: Zunächst die Stiftleiste in vier einzelne Pins zerlegen, indem mit dem Cuttermesser an den verjüngten Stellen der Stiftleiste Druck ausgeübt wird, und diese von der Oberseite in die vier vorgesehenen Löcher in der Platine stecken, so dass der längere Teil des Stifts nach oben zeigt. Beschriftung

Kombination schwarz-schwarz-braun-silber-braun, dies entspricht 0,01 Ω , der größte so darstellbare Wert wäre weiß-weiß-weiß-weiß-braun, also 999 G Ω .

auf dem Modul mit Beschriftung auf der Platine abgleichen, das Boost-Modul korrekt orientiert in die vier Stifte einfädeln und auf der Oberseite des Moduls verlöten. Anschließend noch die kurzen Enden der Pins auf der Unterseite der Platine anlöten.

10. Die Elektrolytkondensatoren **C9** und **C10**. Äußerst wichtig: Der Draht an der weißen Markierung am Gehäuse (kennzeichnet den Minus-Pol) muss jeweils in das Loch im weißen Bereich. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
11. Die Feldeffekttransistoren **Q1** bis **Q16** und **Q18** (Vorsicht, **Q18** ist ein anderes Modell als die 16 anderen Transistoren!), auf korrekte Orientierung und Beschriftung achten. Beinchen nach dem Einlöten kürzen.
12. Der Spannungsregler **U4**, auf korrekte Orientierung achten. Beinchen nach dem Einlöten kürzen.
13. Die großen 4700- μ F-Kondensatoren **C13** und **C14**, der Draht an der weißen „-“-Markierung am Gehäuse muss jeweils in das Loch im weißen Bereich. Drähte nach dem Einlöten kürzen.
14. Die großen Zementwiderstände **R3**, **R4** und **R16** – die Werte der Widerstände sind auf dem Gehäuse aufgedruckt; darauf achten, die richtigen Werte an der richtigen Stelle einzulöten. Orientierung ist durch verfügbaren Platz und Bestückungsdruck vorgegeben, auch wenn die Polarität bei Widerständen keine Rolle spielt. Die Drähte nehmen nahe am Gehäuse Lötzinn nicht so leicht auf, daher geduldig sein und Lötzinn nachführen, bis sich eine schöne kegelförmige Lötstelle bildet. Drähte nach dem Einlöten kürzen.

Die Micro-USB-Buchse **J7** ist bereits vorbestückt, die beiden Stiftleisten **J4** und **J6**, müssen nicht bestückt werden. Auch der Wannenstecker **J5** wird im Normalfall nicht benötigt. Keineswegs verbunden werden dürfen die Kontakte von **JP1**, da man sonst Ein- und Ausgang des Step-Up-Konverters kurzschließt!

Abbildung 2.4 zeigt auch die korrekte Orientierung der Bauteile, allerdings sind die Widerstände ohne Farbcode dargestellt.

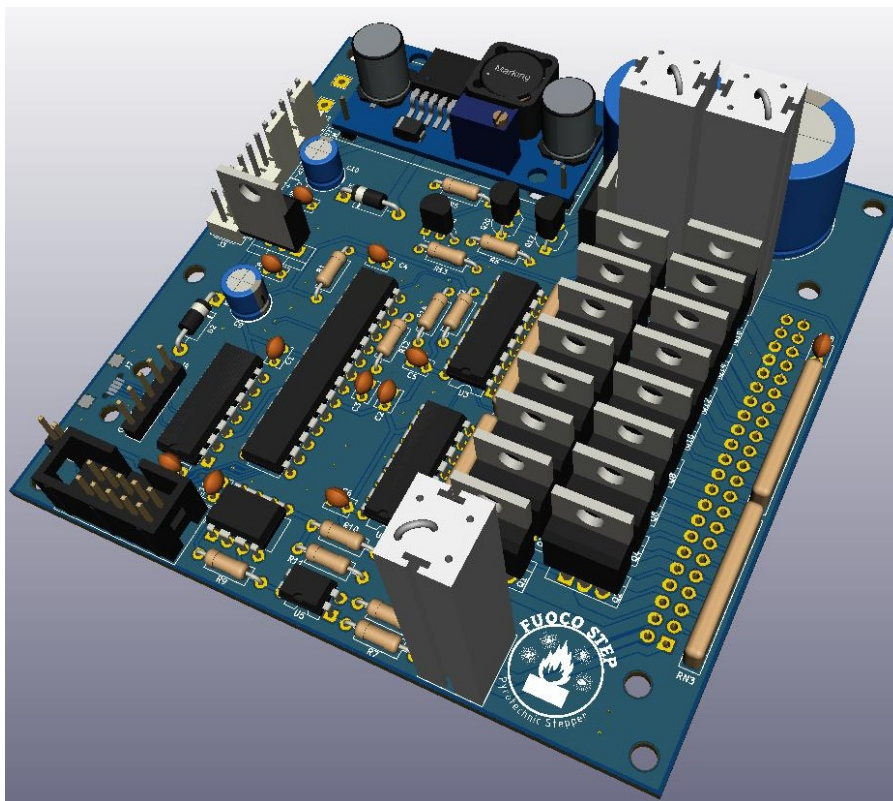


Abbildung 2.4: 3D-Modell der bestückten Basisplatine

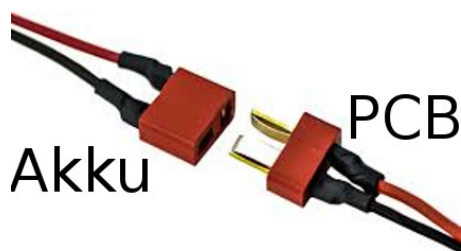


Abbildung 2.5: Korrekte Verwendung des Deans-Verbinderpaares

2.3 Batterie

Schrumpfschlauchstück mit Durchmesser 4,8 mm über das offene Ende des roten Kabels mit Kabelschuh schieben, Kabel an den oberen T-Balken der Deans-Buchse löten, Lötstelle mit Schrumpfschlauch isolieren. Analog geht man mit dem schwarzen Kabel mit Kabelschuh und dem zweiten Kontakt der Deans-Buchse vor und wiederholt die Prozedur mit den Kabeln ohne Kabelschuhe und dem Deans-Stecker, so dass es folgendermaßen aussehen sollte wie in Abbildung 2.5.

Nun noch das rote mit dem Stecker verbundene Kabel an BATTERY+ und das schwarze an BATTERY- anlöten. Schrumpfschlauch mit Durchmesser 6,4 mm über die Kabelschuhe schieben, Kabelschuhe auf die passenden Batteriekontakte aufschieben (rot an +, schwarz an -), mit etwas Lötzinn fixieren und Kontakte mit Schrumpfschlauch isolieren. Die beiden Deans-Verbinder-Teile jetzt noch nicht zusammenstecken!

2.4 Zusammenbau

Nun werden die Einzelteile verbunden, dazu zunächst die Stiftleiste des Panels mit der Buchsenleiste der Basis zusammenstecken.

Anschließend unter Verwendung der 11-mm-Distanzhülsen die beiden Platinen über die vier Löcher an den Ecken der Basis mit M3x16-Schrauben und zugehörigen Muttern verschrauben. Die Schrauben aus optischen Gründen von der Panelseite stecken, so dass die Muttern später im Gehäuse verschwinden und auf dem Panel die Schraubenköpfe zu sehen sind.

Nachdem eine stabile mechanische Verbindung besteht, die beiden Crimpbuchsen und den USB-Stecker an der Basisplatine befestigen. Beim USB-Kabel darauf achten, dass möglichst wenig Zug auf die Platinenbuchse ausgeübt wird; am besten wie in Abbildung 2.7 einen Knoten ins Kabel machen, um es entsprechend kurz zu halten und nicht dauerhaften Zug auszuüben. Die Kabel der Crimpbuchsen und die Batteriekabel können per Kabelbinder zu einem Strang zusammengefasst werden, das erleichtert das spätere Verstauen zwischen Akku und Kofferwand.

Die Batterie in den Koffer legen, so dass die Kontakte auf der linken Seite an der vorderen Wand liegen und die verbundenen Platinen passend eingelegt werden können. Die Position des Akkus bezogen auf den Koffer ist in Abbildung 2.8 zu sehen. Zwischen Wand und Akku beträgt der Abstand 37 mm.

Es ist nicht allzu viel Platz zwischen der Steckerleiste auf der rechten und dem Unterbau des Drehschalters auf der linken Seite, welche den „Kanal“ für den Akku begrenzen. Ist die korrekte Position für den Akku gefunden, wird er mit einem langen Streifen Gewebefband in seiner Position fixiert (siehe Abbildung 2.8), wer auf Nummer sicher gehen will, sollte den Akku auf der Unterseite noch mit Teppichklebeband sichern, damit er sich wirklich nicht mehr bewegt.

Nun die beiden Teile des Deans-Steckverbinders zusammenstecken, die Kabel der Crimpbuchsen zwischen Akku und oberer Wand hindurch führen und das Panel vorsichtig absenken, bis es komplett auf dem Rand zum Liegen kommt und keine Kabel zwischen Panel und Rand eingeklemmt sind. Nun das Panel mit den sechs 3x10-Spaxschrauben am Koffer befestigen.

Der Stepper ist nun – vorbehaltlich der Programmierung – einsatzbereit!

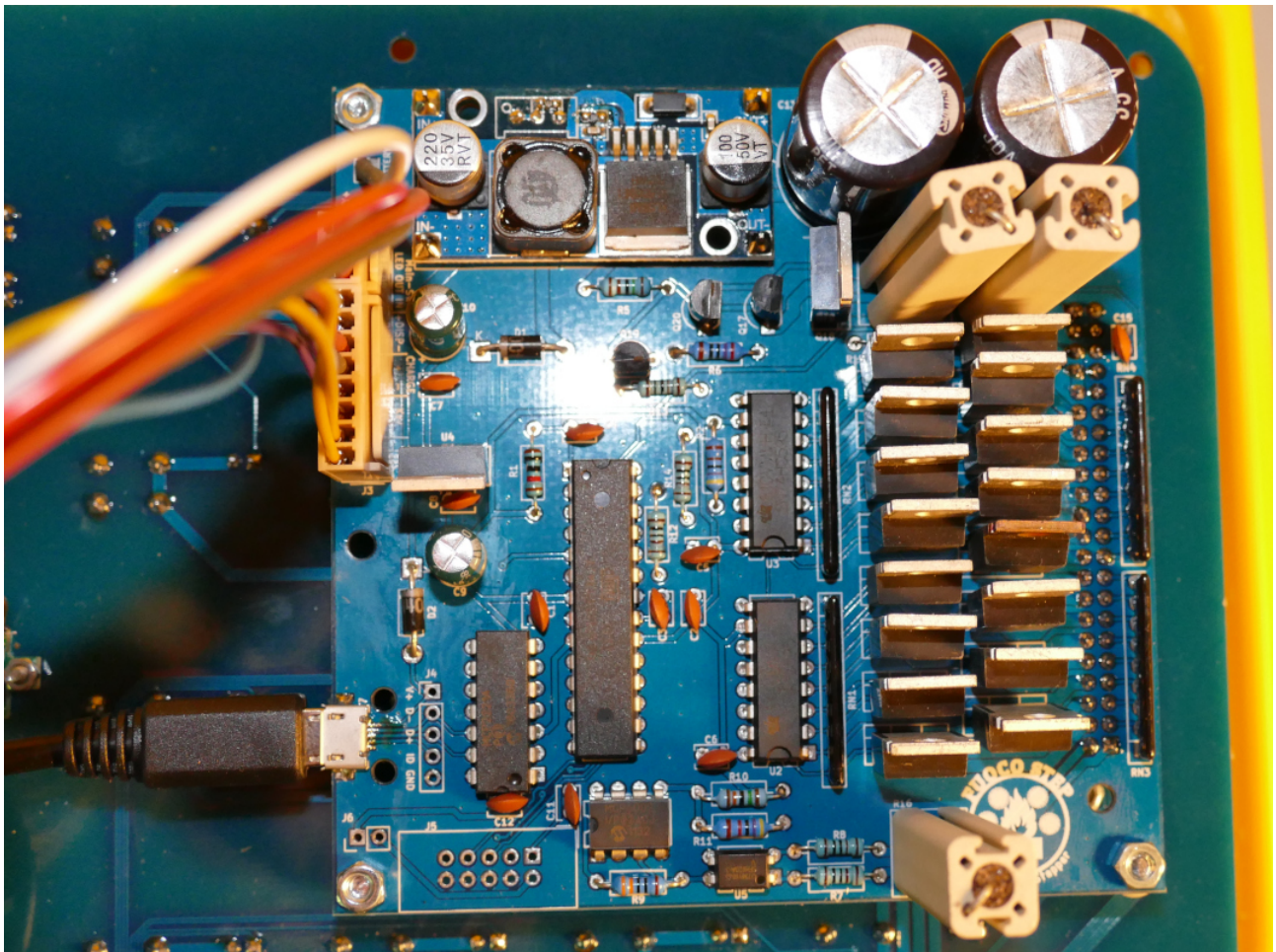


Abbildung 2.6: Fertig gelötete und verschraubte Basis

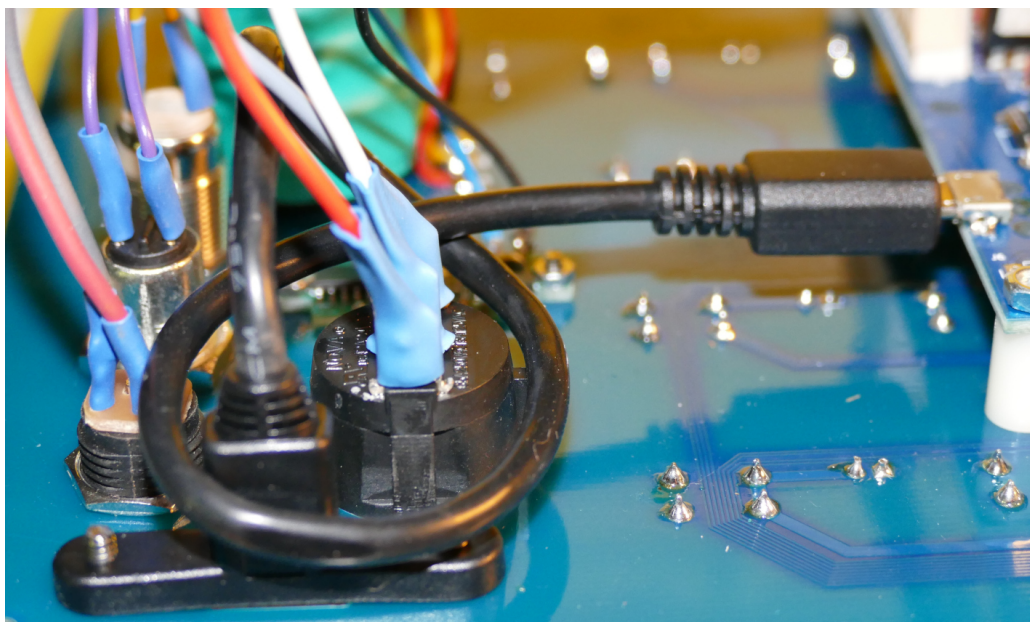


Abbildung 2.7: Verlegen des USB-Anschlusskabels

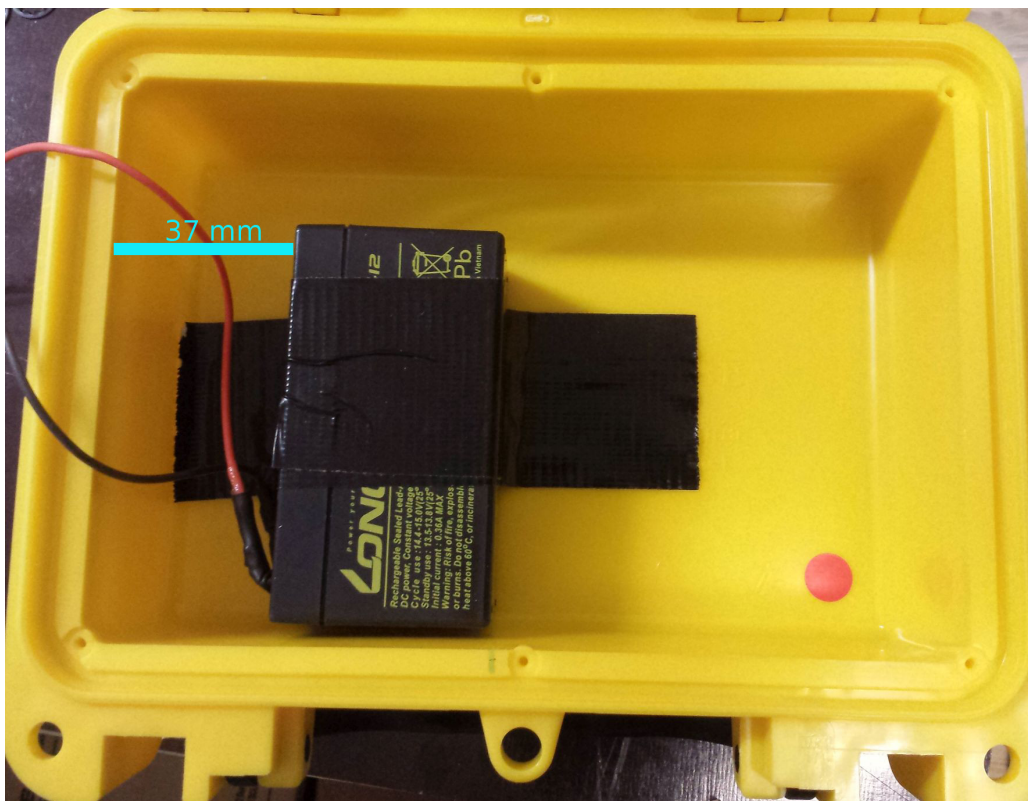


Abbildung 2.8: Orientierung und Position des Akkus im Koffer

3 Programmierung

Um den Stepper nutzen zu können, müssen der Microcontroller sowie der USB-Transceiver für die Anwendung programmiert sein. Hierzu sind folgende Schritte nötig.

3.1 Softwaredownload

Alle Dateien zu FUOCO STEP, welche nicht dem Urheberrecht Dritter unterliegen, liegen in einem Git-Repository unter <https://github.com/fixxl/fuocostep>. Um den aktuellen Stand von Firmware, Bootloader, Bedienoberfläche und Handbuch herunterzuladen, kann folgender Link genutzt werden:

<https://github.com/fixxl/fuocostep/archive/master.zip>

Im Paket sind zusätzlich der komplette Quellcode sowie das Aktualisierungsprogramm für die Firmware enthalten. Wer mit der Nutzung des Versionierungstools Git vertraut ist, kann natürlich das Repository auf seine Festplatte klonen und hat dann den Vorteil, nicht immer das komplette Paket herunterladen zu müssen, sondern gezielt nur die aktualisierten Dateien zu beziehen.

3.2 MCP2221

3.2.1 Treiberinstallation

Idealerweise erkennt Windows beim Anschließen das Gerät von selbst, installiert einen Treiber und stellt es als COM-Port (Seriell-USB-Gerät) zur Verfügung.

Sofern kein Treiber installiert werden kann und das Gerät als „MCP2221 USB-I2C/UART Combo“ unter andere Geräte einsortiert wird und das Ausrufezeichen auf gelbem Grund signalisiert, dass es nicht korrekt funktioniert, muss der entsprechende Treiber einmalig folgendermaßen manuell installiert werden:

1. Die gepackten Treiber von https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2221_Windows_Driver_2021-02-22.zip herunterladen und in einen bekannten Ordner entpacken, den man sich merken sollte
2. Den Geräte-Manager mit Administratorrechten öffnen
3. Einen Rechtsklick auf „MCP2221 USB-I2C/UART Combo“ tätigen und „Treibersoftware aktualisieren“ wählen.
4. Option „Auf dem Computer nach Treibersoftware suchen“ wählen
5. Auf „Aus einer Liste von Gerätetreibern auf dem Computer auswählen“ klicken
6. Falls sich nun ein Fenster öffnet, welches sagt „Wählen Sie den Gerätetyp aus der Liste aus.“, einfach „Alle Geräte anzeigen“ wählen und „Weiter“ klicken
7. Unten rechts auf die Schaltfläche „Datenträger...“ klicken
8. Im sich nun öffnenden Fenster auf „Durchsuchen...“ klicken und zum Ordner, welcher die beiden Treiberdateien enthält, navigieren
9. Die Datei „mchpcdc.inf“ auswählen und auf „Öffnen“ klicken, im anschließenden Fenster den gewählten Pfad mit „OK“ bestätigen.

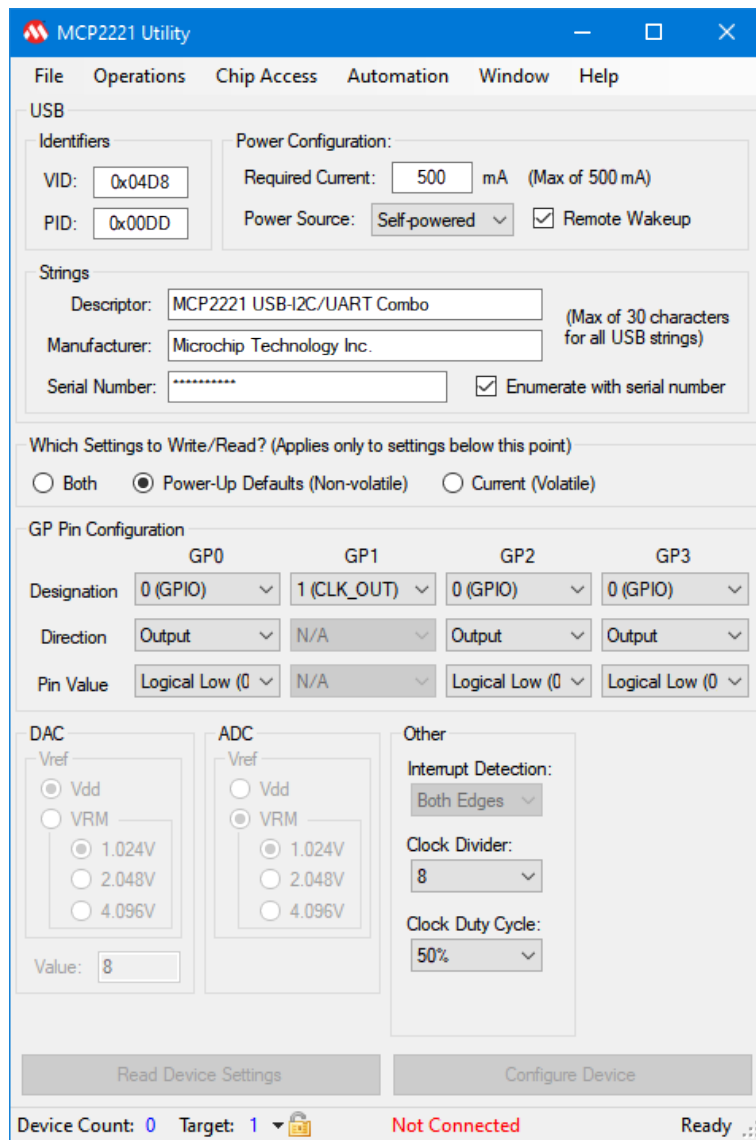


Abbildung 3.1: Einstellung für das Microchip-Utility

10. Jetzt den Eintrag „USB-Serial-Port“ im Fenster auswählen, auf „Weiter“ klicken und sämtliche Nachfragen bestätigen bzw. Installationen erlauben.
11. Man sollte die Meldung „Installation abgeschlossen“ erhalten und den Chip fortan ansprechen können.

3.2.2 Konfiguration

Da der MCP2221 als Taktquelle für den ATmega328P-PU fungieren soll, muss über das von Microchip unter <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2221Utility.zip> bereitgestellte Konfigurationstool die in Abbildung 3.1 in den Chip geschrieben werden. Hierzu ist eine USB-Verbindung zwischen PC und Platine nötig, das Tool sollte den Chip selbst erkennen. Die bestehende Seriennummer kann beibehalten werden, wichtigste Punkte sind die Art der Spannungsversorgung sowie die Konfiguration von GP1 als „CLK_OUT“ mit einem Teiler von „8“ und einem Duty-Cycle von „50 %“. Die Konfiguration muss per Klick auf „Configure Device“ abgeschlossen werden.

3.3 ATmega328P

Die Programmierung des Controllers setzt sich aus zwei Teilen zusammen, dem Schreiben des Bootloaders und dem Einspielen der eigentlichen Firmware (was letztlich der Bootloader erledigt).

3.3.1 Bootloader

Bevor Firmwareupdates über die serielle Schnittstelle eingespielt werden können, muss zunächst ein Programm auf den Controller gespielt werden, dessen Aufgabe es ist, die eigentliche Firmware in den Speicher zu laden und zu starten. Dieses Programm ist der so genannte Bootloader, welcher beim Start des Devices für eine Sekunde überprüft, ob ein Firmwareupdate vorgenommen werden oder die Firmware normal ausgeführt werden soll.

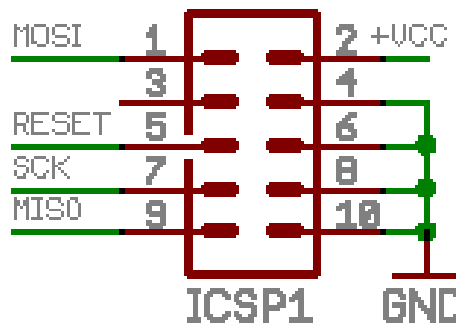


Abbildung 3.2: Pinbelegung des ISP-Platinensteckers: Ansicht von oben, Gehäuseaussparung an Pin 5. Quelle: mikrocontroller.net

Um den Bootloader auf den Controller zu brennen und einige Grundeinstellungen des Controllers, die so genannten Fuses, welche neben den Einstellungen, welche die Verwendung eines Bootloaders ermöglichen, auch Funktionen wie die Brown-Out-Detektion oder die Taktquelle regeln, wird ein spezielles Programmiergerät zur In-System-Programmierung (ISP) benötigt, welches den Controller in den Resetzustand versetzt und anschließend den Bootloader über die SPI-Schnittstelle an eine festgelegte Stelle im Flash-Speicher des Controllers schreibt – dieses Programmiergerät wird als Programmer bezeichnet. Auf der Platine ist für ISP ein zehnpoliger zweireihiger Wannenstecker vorgesehen, an den gängige Programmiergeräte wie der weit verbreitete *AVRISP mkII* angeschlossen werden. Seine Pinbelegung ist in Abbildung 3.2 gezeigt.

Der Markt an Programmiergeräten ist unübersichtlich, sie existieren in unzähligen Varianten und für die verschiedensten Programmierverfahren. Beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass der gewählte Programmer das ISP-Verfahren beherrscht und beim System-Logik-Spannungspegel von 3,3 V arbeitet. Zusätzlich sollte darauf geachtet werden, dass die VCC-Leitung vom Programmer nicht aktiv mit Spannung versorgt wird.

Nach einmaligem Flashen des Bootloaders und EEPROMs wird die ISP-Schnittstelle nicht wieder benötigt, alle weiteren Änderungen können über die serielle Schnittstelle und den Bootloader vorgenommen werden.

Über raspEasyFire

Über den Abschnitt „Fuoco Step flashen“ in der raspEasyFire-Oberfläche ist es relativ einfach möglich, den Bootloader mittels eines geeigneten Programmers auf den Mikrocontroller zu schreiben. Hierzu müssen zunächst die aktuellsten Dateien heruntergeladen werden, anschließend ist über ein Dropdownmenü der verwendete Programmer – einige der am weitesten verbreiteten Programmer sind wählbar, weitere Geräte fügt der Autor auf Anfrage gerne hinzu – auszuwählen.

Ist mit dem Programmer eine Verbindung zwischen zu flashendem Device und raspEasyFire hergestellt, kann der Bootloader-Schreibvorgang mit der Schaltfläche „Bootloader flashen“ gestartet werden. Bei diesem Vorgang werden auch die passenden Fuseeinstellungen geschrieben.

Fuse	Wert	Bedeutung
Low Fuse	0xE0	Kein Taktteiler, kein Clock-Output, Ext. Clock Source als Taktquelle
High Fuse	0xD6	Reset-Pin nicht als I/O-Pin, kein Debug-Wire, SPI-Download erlaubt, Watchdog aus, EEPROM nicht löschen, Bootbereich = 256 Wörter, Boot-Reset-Vektor aktiviert (=nach Reset Bootloader starten)
Extended Fuse	0x05/ 0xFD ¹	Brown-Out bei Versorgungsspannung unter 2,7 V

Tabelle 3.1: Fuse-Einstellungen beim ATmega328P

Über den PC

Wichtig für die ordnungsgemäße Funktion des Bootloaders sowie später der Firmware ist neben einer fehlerfreien Programmierung auch das korrekte Setzen der Fuse-Bits, welches bei Einsatz eines alternativen Programmieradapters manuell vorgenommen werden muss.

Für den Stepper müssen die Fusebits beim ATmega328P gemäß Tabelle 3.1 gesetzt werden.

Wird das Tool *AVRDUDE* verwendet, müssen der Programmernamen als Parameter hinter „-c“ und die Verbindung zum Computer – mögliche Werte sind unter anderem *usb* oder *comXY*, wobei *XY* eine Zahl bezeichnet – hinter „-P“ angegeben und an der entsprechenden Stelle in folgenden Befehl eingefügt werden:

```
avrdude -p m328p -c PROGRAMMER -P VERBINDUNG -u -Uflash:w:Bootloader_FuocoStep.hex:a
-Ulfuse:w:0xe0:m -Uhfuse:w:0xd6:m -Uefuse:w:0xfd:m -v
```

3.3.2 Firmware

Die Firmware ist das „Betriebssystem“ von FUOCO STEP. Wie bei allen Systemen kann es hin und wieder nötig sein, neue Funktionen, welche dem Bedienkomfort und/oder der Sicherheit dienen, einzubauen oder Fehler, welche erst im Betrieb bemerkt werden, auszumerzen. Damit dafür der Koffer nicht hin und her geschickt und aufgeschraubt werden muss, ist eine Aktualisierung der Firmware bequem über USB möglich. Eingestellte Stepsequenzen bleiben beim Update üblicherweise erhalten, sollten allerdings vor dem erneuten Einsatz des Steppers sicherheitshalber überprüft werden.

raspEasyFire

Besitzer des raspEasyFire können das erstmalige Aufspielen sowie eine eventuelle Aktualisierung der Firmware über den Abschnitt „Fuoco Step flashen“ in der raspEasyFire-Oberfläche vornehmen. Nach dem Herunterladen der neuesten Dateien kann der Schreibprozess mit „Firmware schreiben“ gestartet werden.

PC

Im Softwarepaket ist für ein Update über den PC im Unterverzeichnis „Firmware-Updater“ die Anwendung „UpdateLoader-win32“ enthalten, die Ausführung eines Updates funktioniert folgendermaßen:

¹Bei der Extended Fuse werden nur die unteren drei Bit verwendet, die oberen fünf sind nicht in Gebrauch und können daher beliebig jeweils mit 1 oder 0 beschrieben und gelesen werden. Werden die nicht-relevanten Bits mit 0 beschrieben, ergibt sich der Wert 0x05, bei Beschreibung mit 1 der Wert 0xFD. AVRDUDE ist in bestimmten Versionen leider nicht in der Lage, die oberen fünf Bits zu ignorieren und meldet daher einen Verifizierungsfehler, falls die Bits mit 0 geschrieben und mit 1 gelesen bzw. mit 1 geschrieben und mit 0 gelesen werden.

Vor dem Start von „UpdateLoader-win32“ sollte FUOCO STEP mit dem PC verbunden werden. Die Firmware-Datei wird automatisch geladen, es muss nur überprüft werden, ob der korrekte Port für den Stepper eingestellt ist, sofern mehrere COM-Ports vorhanden sind. Nach einem Klick auf „Update starten!“ sollten Update und Verifizierung in unter einer Minute abgeschlossen und die neue Firmware einsatzbereit sein.

Teil II

Bedienungsanleitung

1 Funktionsübersicht

FUOCO STEP ist ein programmierbarer Stepper/Sequencer/Portexpander mit 16 Kanälen, der während der Show von einem anderen Device über seinen Trigger-Eingang gesteuert wird.

Im einfachsten Modus fungiert das Device einfach als Portexpander, stellt also dem triggerenden Zündsystem zusätzliche Kanäle zur Verfügung, indem bei jedem Trigger ein Kanal ausgelöst wird. Beim ersten Aufruf des mit dem Trigger verbundenen Zündkanals wird dann Kanal 1 am Stepper gezündet, beim zweiten Kanal 2, usw. Zusätzlich können elf verschiedene Pattern im System hinterlegt werden, bei denen nach dem Trigger die Kanäle zeitgesteuert gezündet werden. Die möglichen Intervalle kann man auf Hundertstel genau zwischen 0,00 Sekunden (gleichzeitige Zündung mehrerer Kanäle) und 9:59,99 Minuten festlegen. Es ist möglich, ein festes Intervall zwischen allen Kanälen zu nutzen, man kann aber auch jedes Intervall einzeln konfigurieren und hat sogar die Möglichkeit, die Sequenz bis zu einem erneuten Trigger zu unterbrechen.

Die Wahl des aktuellen Patterns erfolgt über einen Drehschalter am Device, die Programmierung sowie eventuelle Firmwareupdates werden via PC, den man via Micro-USB-Kabel an den Stepper anschließt, erledigt. Hierzu kann ein simples Terminal-Programm wie PuTTY genutzt werden, ein graphisches User-Interface, welches in Kapitel 2 genauer beschrieben wird, dazu existiert ebenfalls.

Der Formfaktor des Geräts wurde für einen Seahorse-SE120-Koffer ausgelegt, Spannungsversorgung erfolgt über einen Blei-Gel-Akku (12 V/1,2 A h), die Zündspannung beträgt 22,5 V ($\pm 2\%$), so dass auch längere Reihenschaltungen kein Problem darstellen. Der Triggereingang ist galvanisch vom Rest der Platine getrennt, eine gegenseitige Beeinflussung von Zündanlage und Stepper ist daher ausgeschlossen.



Abbildung 1.1: Übersicht über Bedienoberfläche

Weiterhin existieren eine Spannungsanzeige zur Darstellung des aktuellen Batterieladestandes, ein Testschalter, um die Durchgangsprüfung der 16 Kanäle über die kleinen grünen LEDs darzustellen sowie ein Schlüsselschalter zum separaten Scharfschalten des Steppers. Der Akku kann über die integrierte Ladebuchse ohne Aufschrauben mit einem passenden Ladegerät für Blei-Gel-Akkus geladen werden.

Die Bedienoberfläche unterteilt sich wie in Abbildung 1.1 gezeigt. Auf die einzelnen Funktionen wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

1.1 Hauptschalter

Hiermit wird FUOCO STEP ein- und ausgeschaltet. Im eingeschalteten Zustand leuchtet die in den Schalter integrierte LED. Zu beachten ist, dass auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter bei gleichzeitig verbundenem USB-Kabel der Logikteil des Steppers mit Strom versorgt, die Zündspannung aber nicht generiert wird. Für die Programmierung muss also der Hauptschalter nicht zwingend eingeschaltet sein.

1.2 Batterieanzeige

Bei eingeschaltetem Hauptschalter aktiviert sich die Spannungsanzeige und zeigt nach kurzer Wartezeit die gemessene Batteriespannung des Blei-Gel-Akkus an. Für einen stabilen Betrieb sollte der Wert stets im Bereich von 12 V oder höher liegen, ansonsten sollte die Batterie nachgeladen werden.

1.3 Ladebuchse

Der innere Stift ist unmittelbar mit dem Pluspol des Akkus, der äußere Ring mit dem Minuspol des Akkus verbunden. Um das Ladegerät, z.B. ein H-TRONIC AL800, ungestört arbeiten zu lassen, sollte nur im ausgeschalteten Zustand geladen werden.

1.4 Durchgangstest

Ist dieser Schalter gedrückt, versucht die Anlage, einen geringen Strom, der sicher nicht zur Auslösung der Anzünder führt, auf allen Kanälen fließen zu lassen. Das Leuchten der zugehörigen grünen 3-mm-LED signalisiert, dass auf dem entsprechenden Kanal ein Strom fließen kann. Auf diese Weise können Kabelbrüche oder nicht-leitende Verbindungen detektiert werden, eine echte Widerstandsmessung des Kanals findet jedoch nicht statt. Der Testschalter hat keinen Einfluss auf den Zündvorgang, es kann also mit gedrücktem oder ungedrücktem Testschalter gezündet werden.

1.5 Scharfschalten

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme muss der Stepper mit dem Schlüsselschalter separat scharfgeschaltet werden. Wenn das System scharf ist, wird dies durch die dauerhaft leuchtende rote Status-LED (Armed) signalisiert.

1.6 Modusauswahl

Der Drehschalter besitzt zwölf Positionen, den Single-Trigger-Modus „S“ sowie die programmierbaren Positionen 1-11. Die Schalterposition wird erfasst, wenn der Schlüsselschalter auf scharf geschaltet wird, eine nachträgliche Drehung hat zunächst keine Wirkung. Über die Bedienoberfläche können jeweils für die aktuell eingestellte Drehschalterposition der Intervallmodus (fest/variabel) sowie die Intervallzeiten festgelegt werden. Näheres dazu in Kapitel 2.

1.7 Triggereingang

Über diese Klemme wird der Stepper gestartet, sofern er zuvor scharfgeschaltet wurde. Die Polarität am Eingang spielt keine Rolle, das triggernde Gerät muss mindestens 200 mA über 47 Ω liefern können, um den Stepper auszulösen.

1.8 Kanalklemmen

Hier werden die Anzünder für die einzelnen Kanäle angeschlossen. Die Reihenfolge der Kanäle kann nicht beeinflusst werden, es wird also immer zuerst Kanal 1, dann Kanal 2, usw. ausgelöst. Aufgrund der Zündspannung von 22,5 V sind längere Reihenschaltungen bis zu zehn Anzündern in Reihe pro Kanal möglich. Die rechts neben den Klemmen befindlichen LEDs signalisieren Durchgang auf dem jeweiligen Kanal, sofern der Testschalter gedrückt ist.

1.9 Status-LEDs

Diese vier LEDs signalisieren wesentliche Zustände des Systems.

Gelb/Data Diese LED leuchtet, während Daten über USB mit dem Rechner ausgetauscht werden

Rot/Armed Durch diese LED wird signalisiert, dass der Stepper scharfgeschaltet ist

Grün/Triggered Diese LED zeigt an, dass das System getriggert wurde und aktuell eine Sequenz läuft

Orange/Active Diese LED leuchtet, solange mindestens ein Kanal aktiv ist

1.10 Programmieranschluss

Durch Anschließen eines Micro-USB-Kabels kann der Stepper über diese Schnittstelle programmiert werden. Dies ist im Detail im Kapitel 2 genau beschrieben. Auch Firmware-Updates sind über diesen Anschluss durchführbar.

2 Programmierung

2.1 Oberfläche

2.1.1 Hauptfenster

Über die Programmieroberfläche „stepsetter.exe“ ist es möglich, die Steppereinstellungen zu modifizieren. Hierzu muss der passende COM-Port ausgewählt und zunächst die Einstellung des aktuell eingestellten Kanals ausgelesen werden.

Rücksetzen auf Standard

Es kann immer nur der Kanal bearbeitet werden, welcher gerade am Stepper per Drehschalter eingestellt ist, Ausnahme ist das Rücksetzen aller Kanäle durch Klick auf „Standardwerte wiederherstellen“. Bei dieser Aktion werden alle Kanäle zurückgesetzt auf festen Intervallmodus mit den Intervallen aus Tabelle 2.1.

Dies ist auch die einzige Änderung, die bei Schalterstellung „S“ getätigt werden kann, ansonsten werden Eingaben ignoriert, solange der Drehschalter auf „S“ zeigt.

Step-Modus einstellen

Schalterstellung „S“ repräsentiert den Einzelschussmodus, bei dem mit jedem Triggersignal ein Kanal abgefeuert wird. Die maximale Wiederholrate ist dabei von der auslösenden Zündanlage bzw. deren Zündpulslänge abhängig. Bei Cobra dauert ein Puls typischerweise 100 ms, ein erneutes Triggern weniger als 100 ms nach dem ursprünglichen Trigger würde vom Stepper nicht erkannt und ignoriert werden!

Für alle anderen Stellungen als „S“ kann der Step-Modus auf eine der beiden Varianten „Fest“ oder „Variabel“ festgelegt werden: Bei „Fest“ ist das Intervall zwischen allen 16 Kanälen identisch, „Variabel“ bietet die Möglichkeit, jedes einzelne Intervall individuell zu konfigurieren. Über die Schaltfläche „Modus setzen“ kann zwischen den beiden Varianten umgeschaltet werden, im Modus „Fest“ bleiben die Intervalle 2 – 15 ausgegraut. Nach dem Klick auf „Modus setzen“ im Anschluss an den Schreibvorgang unmittelbar ein Auslesevorgang durchgeführt, so dass die angezeigten Daten die tatsächlichen Einstellungen wiedergeben.

Intervalle festlegen

Kanal 1 wird immer unmittelbar beim Triggersignal ausgelöst, Intervall 1 legt also fest, wie viel Zeit zwischen dem Auslösen der Kanäle 1 und 2 vergehen soll, Intervall 2 die Zeit zwischen Kanal 2 und 3, usw. Dementsprechend legt Intervall X die Pause vor Kanal X+1 fest und es ergeben sich bei 16 Kanälen 15 Intervalle.

Die Eingabe der Zeiten erfolgt typischerweise im Format „MM:SS.hh“ mit Minuten, Sekunden und Hundertsteln, wobei statt des Punktes zwischen Sekunden und -bruchteilen auch das deutsche Dezimalkomma genutzt werden kann. Zahleneingaben ohne Doppelpunkt werden als Sekunden interpretiert, die Eingabe „1:10.20“ beschreibt demnach dasselbe Intervall wie „70,2“. Bei Eingaben von mehr als zwei Nachkommastellen werden Eingaben

Schalterposition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Intervall (s)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	25.0	30.0	40.0

Abbildung 2.1: Standardintervalle des Steppers

FUOCO STEP - Einstellungen

COM-Port:

Schalterposition:

Stepper-Modus:

Intervall 1/Festintervall:

Intervall 2:

Intervall 3:

Intervall 4:

Intervall 5:

Intervall 6:

Intervall 7:

Intervall 8:

Intervall 9:

Intervall 10:

Intervall 11:

Intervall 12:

Intervall 13:

Intervall 14:

Intervall 15:

Modus setzen Intervall(e) setzen

Einstellungen auslesen Standardwerte widerherstellen

Beenden **Absolutzeiten >>**

Akt. Sequenz feuern/fortsetzen (vorher scharf schalten!)

Abbildung 2.2: Beispielsequenz

abgeschnitten. Möchte man auf ein Triggersignal warten, schreibt man „T“ ins entsprechende Feld. Steht beispielsweise ein „T“ hinter Intervall 5, bedeutet dies, dass vor dem Abfeuern von Kanal 6 wieder auf einen Trigger gewartet wird. Hilfreich kann hier auch das Zusatzfenster „Absolutzeiten“ sein, um das es in Abschnitt 2.1.2 geht. Ungültige Eingaben, die andere Zeichen als die Ziffern 0-9, höchstens einen Doppelpunkt, höchstens einen Punkt oder ein Komma oder das Wort „Trigger“ in allen Groß-, Klein- und Abkürzungsformen enthalten, werden ignoriert, Zeitwerte größer als 9:59.99 werden automatisch zu „Trigger“ gewandelt. Da nach jedem Schreibvorgang, den man mit „Intervall(e) setzen“ auslöst, automatisch ein Auslesevorgang durchgeführt wird, kann immer direkt nachvollzogen werden, ob die Eingabe den gewünschten Effekt hatte.

Abbildung 2.2 zeigt ein Beispiel für eine variable Stepsequenz, die immer vier Effekte in kurzer Folge auslöst, ehe für die nächste Abfolge auf einen Trigger gewartet wird. Die letzten beiden Kanäle werden gemeinsam geschossen.

Sequenz feuern oder fortsetzen

Mit dieser Taste ist es möglich, die derzeit aktive Einstellung auszulösen, das Verhalten des Steppers ist dabei absolut identisch zu einem tatsächlichen Triggersignal: Ist der Stepper nicht scharf geschaltet, hat ein Druck dieser Taste keinen Effekt, ist er scharf geschaltet, wird die aktuelle Sequenz gestartet oder fortgesetzt und die

Einstellung	Wert
Bits pro Sekunde	9600
Datenbits	8
Parität	keine
Stoppbits	1
Flusssteuerung	keine

Tabelle 2.1: Konfiguration der seriellen Schnittstelle

Kanäle auch tatsächlich ausgelöst. Für einen reinen Testlauf also unbedingt vorher alle Anzünder entfernen!

2.1.2 Zusatzfenster Absolutzeiten

Das Zusatzfenster „Absolutzeiten“ soll ein bequemes Umrechnen von absoluten Zündzeiten, wie man sie in einer Software wie PyroIgnitionControl oder PYROTHEK festlegt, in die von FUOCO STEP benötigten Intervallzeiten zwischen den einzelnen Kanälen ermöglichen.

Hierzu können die Werte in der zweiten Spalte eingefügt und die Zeitabstände der einzelnen Kanäle durch Klick auf „Berechne Intervalle“ ermittelt werden. Über „Werte ins Hauptfenster“ können diese Intervallzeiten ins Hauptfenster übertragen werden. Es ist darauf zu achten, dass die aktuelle Schalterposition im passenden Modus konfiguriert sein muss. Ist der feste Intervallmodus eingestellt, wird nur der erste Intervallwert ins Hauptfenster kopiert, beim variablen Intervallmodus alle nicht-leeren Felder. Nach Übertragung ins Hauptfenster müssen die Werte noch durch „Intervalle setzen“ ins Gerät geschrieben werden, um die berechneten Intervalle nutzen zu können.

Abbildung 2.3 zeigt anhand der Intervalle aus der obigen Beispielsequenz die Funktionsweise des Absolutzeiten-Fensters. Da die Kanalreihenfolge nicht veränderbar ist, muss jeder Kanal zur selben Zeit oder später beginnen als sein Vorgänger.

Für die getriggerten Kanäle 1, 5, 9 und 13 wurden hier vor dem Klick auf „Werte aus Hauptfenster“ Zeiten vorgegeben, um die absoluten Zündzeiten mit der imaginären Showdatei abgleichen zu können. Ohne Zeitvorgabe würde standardmäßig ein Intervall von einer Minute auf die Absolutzeit des Vorgängers addiert, was für die korrekte Intervallberechnung aber keine Rolle spielt, da Zeitabstände nur bei nicht durch Trigger ausgelösten Kanälen von Bedeutung sind und die Absolutzeiten lediglich der Veranschaulichung für den Anwender dienen. Das Fenster „Absolutzeiten“ kann auch dazu genutzt werden, Einstellungen von einer Schalterstellung auf eine andere zu übertragen. Hierzu die Einstellungen bei der zu kopierenden Schalterposition auslesen und dann nacheinander die Buttons „Absolutzeiten“, „Werte aus Hauptfenster“ und „Berechne Intervalle“ klicken. Nun die neue Schalterposition auswählen, auslesen, falls nötig den passenden Modus setzen und schließlich durch Klick auf „Werte ins Hauptfenster“ die zu kopierenden Einstellungen setzen.

2.2 Terminal

Kann oder will man die graphische Oberfläche nicht nutzen, besteht auch die Möglichkeit, über ein einfaches Terminalprogramm wie **Putty**¹ eine serielle Verbindung zu FUOCO STEP aufzubauen und Stepsequenzen zu programmieren. Hierzu ist der Name des COM-Ports zu ermitteln (COM1, COM2, ...), unter dem sich FUOCO STEP am Rechner anmeldet, die nötigen Parameter der seriellen Verbindung sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Diese Einstellungen können händisch in Putty vorgenommen werden, alternativ ist es auch möglich, sie in einer Verknüpfung direkt auf der Kommandozeile zu übergeben, wobei Anwendungspfad und Nummer des COM-Ports (hier 1) entsprechend angepasst werden müssen:

¹<https://the.earth.li/~sgtatham/putty/latest/w32/putty.exe>

```
"c:\programme\putty\putty.exe" -serial com1 -sercfg 9600,8,1
```

Die Befehle, um FUOCO STEP via Terminal bedienen zu können, lauten:

Befehl	Bedeutung
list	Auflisten der aktuellen Einstellungen für alle Stepsequenzen, aktuell aktive Schalterstellung ist gelb markiert
edit	Verändern der Einstellungen – Modus oder Intervall(e) – für die aktuelle Schalterstellung
trigger	Auslösen eines Software-Triggers, startet, sofern scharfgeschaltet, die aktuell aktive Sequenz
igniter	Auswahl des Anzündertyps
cls	Terminalbildschirm leeren
kill	Reboot von FUOCO STEP
default	Zurücksetzen der Stepperintervalle auf die Standardeinstellung

Tabelle 2.2: Terminalbefehle zur Bedienung von FUOCO STEP

Umrechnung von Absolutzeiten

Absolute Startzeit Kanal:	Triggered?	Resultierende Intervalle:
Absolute Startzeit Kanal 1: 0:14.3	<input checked="" type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 2:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 3:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 4:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 5: 55	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 6:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 7:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 8:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 9: 1:21.07	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 10:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 11:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 12:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 13: 2:10	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 14:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 15:	<input type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 16:	<input type="checkbox"/> Triggered?	

Umrechnung von Absolutzeiten

Absolute Startzeit Kanal:	Triggered?	Resultierende Intervalle:
Absolute Startzeit Kanal 1: 00:14.30	<input checked="" type="checkbox"/> Triggered?	
Absolute Startzeit Kanal 2: 00:19.30	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:05.00
Absolute Startzeit Kanal 3: 00:23.30	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:04.00
Absolute Startzeit Kanal 4: 00:26.30	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:03.00
Absolute Startzeit Kanal 5: 00:55.00	<input checked="" type="checkbox"/> Triggered?	Trigger
Absolute Startzeit Kanal 6: 00:59.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:04.00
Absolute Startzeit Kanal 7: 01:02.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:03.00
Absolute Startzeit Kanal 8: 01:04.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:02.00
Absolute Startzeit Kanal 9: 01:21.07	<input checked="" type="checkbox"/> Triggered?	Trigger
Absolute Startzeit Kanal 10: 01:24.07	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:03.00
Absolute Startzeit Kanal 11: 01:26.07	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:02.00
Absolute Startzeit Kanal 12: 01:27.07	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:01.00
Absolute Startzeit Kanal 13: 02:10.00	<input checked="" type="checkbox"/> Triggered?	Trigger
Absolute Startzeit Kanal 14: 02:12.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:02.00
Absolute Startzeit Kanal 15: 02:13.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:01.00
Absolute Startzeit Kanal 16: 02:13.00	<input type="checkbox"/> Triggered?	00:00.00

Abbildung 2.3: Beispiel für die Verwendung des Absolutfensters mit Zeitvorgabe und Intervallberechnung