

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung & Ziel des Projekts . . . . .	1
1.2 Anforderungsliste . . . . .	1
<b>2 Umsetzung</b>	<b>1</b>
2.1 Beleuchtung . . . . .	1
2.2 Mechanische Bewegung . . . . .	2
2.2.1 Höhenverstellung . . . . .	3
2.2.2 Tiefenverstellung . . . . .	4
2.3 Endstop . . . . .	5
2.4 Steuerung . . . . .	7
2.4.1 I2C-Kommunikation . . . . .	8
2.5 Bedienelemente . . . . .	9
2.6 Verkabelung . . . . .	10
<b>3 Ergebnisse und Verbesserungen an das System</b>	<b>12</b>
<b>4 Literatur</b>	<b>13</b>
<b>5 Anhang</b>	<b>13</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Motorhalterung der Schrittmotoren für die vertikale Bewegung . . . . .	4
2	Motorhalterung des Closed-Loop-Schrittmotors für die horizontale Bewegung . . . . .	5
3	Befestigung der vertikalen Endstopsensoren . . . . .	6
4	Deckel der vertikalen Endstopsensorbefestigung . . . . .	6
5	Befestigung der horizontalen Endstopsensoren . . . . .	6
6	Deckel der horizontalen Endstopsensorbefestigung . . . . .	6
7	Vertikaler Endstopsensoranschlag . . . . .	6
8	Display-Menüs . . . . .	7
9	Halterung für Not-Stop . . . . .	10
10	Schaltplan . . . . .	11

## 1 Einleitung

Für die Inspektion verschiedenster Objekte verwendet das Fraunhofer Institut einen Prüftisch welcher anhand von Kameras und Sensoren, Geometrien der Prüfobjekten erfassen kann. Der Prüftisch verfügt über eine Glasplatte als Ablage, mit zwei gegenüberliegenden LED Panelen welche diese beleuchten. Die Höhe dieser Ablage ist zum Einstellen des Fokus der Kamera mechanisch verstellbar. Die Verstellung der Ablagenhöhe ist über zwei manuellbetriebene Spindel geregelt, welche dazu führen, dass sich die Horizontallage der Glasplatte verändert und dadurch die Bildaufnahmen nicht wahrheitsgetreu sind. Des Weiteren können aufgrund der festen Position des Prüfobjekts keine Zeilenkameras verwendet werden.

### 1.1 Problemstellung & Ziel des Projekts

Das Projekt besitzt das Ziel, den Prüftisch so auszuarbeiten, dass die vorgesehene Auflage für Prüfobjekte elektronisch verfahrbar ist. Des Weiteren soll eine fachgerechte Unterbringung jeglicher Elektronikkomponenten, wie auch die Erstellung eines Steuerungsinterfaces, stattfinden. Dieses Steuerungsinterface soll hardwarebasiert sein und dem Nutzer die Möglichkeit geben, translatorische Bewegungen der Ablage zu steuern und die Lichtpanele zu bedienen. Eine Softwareschnittstelle soll ebenfalls vorgesehen werden. Alle weiteren Anforderungen an die Automatisierungsmaßnahmen sind in der Anforderungsliste zusammengefasst.

### 1.2 Anforderungsliste

Sämtliche Anforderungen an der Automatisierung des Prüftisches wurden von dem Projektbetreuer des Fraunhofer Instituts, Oliver Krumpek, in einem Dokument zusammengefasst. Dieses befindet sich im Anhang und wird im Laufe des Berichtes referenziert.

## 2 Umsetzung

Für das Projekt wurde eine Reihe von Schritten unternommen, um die Umsetzung zu ermöglichen. Im Folgenden befindet sich die Beschreibung, wie alles umgesetzt wurde.

### 2.1 Beleuchtung

Im Rahmen des Projekts wurde die Steuerung von zwei dimmbaren LED-Panels umgesetzt. Diese Panels werden durch zwei LED-Konstantstromtreiber betrieben. Die Stromversorgung für die Panels beträgt 12V.

Durch den Einsatz der LED-Konstantstromtreiber konnte eine präzise Steuerung des Stroms erreicht werden, der zu den LED-Panels fließt. Dadurch ist sichergestellt, dass die LEDs innerhalb eines sicheren Betriebsbereichs arbeiten und eine konstante Helligkeit liefern können.

Für die Einstellung der Helligkeit wurde wie folgt vorgegangen:

Zunächst verbindet man den DIM- (weißen) Anschluss mit dem Ground-Pin des Arduino. Dadurch wird eine Verbindung zur Masse hergestellt. Um das PWM-Signal zu steuern, benötigt man einen NPN-Transistor wie den BC183. Dabei verbindet man den Emitter des Transistors mit dem Ground-Pin des Arduino, um eine gemeinsame Masse zu schaffen. Der Collector des Transistors wird mit DIM+ (blau) verbunden, um das Signal zu verstärken und die Komponente zu versorgen. Damit der Transistor korrekt

funktioniert, muss man einen 1k-Widerstand zwischen die Base des Transistors und einen der PWM-Ausgänge des Arduino platzieren. Dadurch wird die Steuerung des Transistors über den Arduino ermöglicht. Nun zur eigentlichen Dimmung: Durch das Schreiben von Werten von 0 bis 255 auf den PWM-Pin des Arduino kann man eine Dimmung von 0% bis 100% erreichen. Ein Wert von 0 entspricht dabei einer vollständigen Abschaltung, während ein Wert von 255 die maximale Helligkeit liefert

## 2.2 Mechanische Bewegung

Um die Ablage des Prüftisches in Bewegung zu setzen und präzise Positionen anzufahren, bietet sich die Verwendung von Schrittmotoren an. Schrittmotoren sind spezielle Motoren, die durch die Steuerung von elektrischen Impulsen eine präzise Rotation erzeugen können. Sie bestehen aus Spulen und Magneten. Die grundlegende Funktionsweise eines Schrittmotors beruht auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Wenn ein Strom durch eine Spule fließt, erzeugt sie ein Magnetfeld. Durch die Ausrichtung der Spulen und die gezielte Ansteuerung des Stromflusses kann das Magnetfeld in bestimmten Positionen fixiert werden.

Der Schrittmotor verfügt über eine bestimmte Anzahl von Schritten pro Umdrehung, die durch das Design und die Konfiguration des Motors festgelegt werden. Jeder Schritt entspricht einem kleinen Winkel, den der Motor rotiert. Durch die Kombination mehrerer Schritte können präzise Positionen erreicht werden.

Die Ansteuerung der Schrittmotoren erfolgt über einen Treiber, der mit einem Microcontroller verbunden ist. Der Treiber übernimmt die Aufgabe, den Stromfluss zu den Spulen des Motors zu steuern und so die gewünschte Drehung zu erzeugen. Die interne Schaltung des Treibers ermöglicht die Kontrolle des Stromflusses in einem definierten Muster, das den Schrittmotor präzise positioniert und rotieren lässt. Die Verwendung von Endstopsensoren wie dem Whadda WPM327 ergänzt die Mechanik der Bewegung. Diese Sensoren fungieren als Bump-Anschlag-Sensoren und dienen dazu, die Bewegung der Plattform zu begrenzen. Sie werden ebenfalls mit dem Microcontroller verbunden und ermöglichen die Erkennung und Reaktion auf Endpositionen der Plattform.

Insgesamt ermöglicht die Kombination von Schrittmotoren, Treiber und Endstopsensoren eine präzise und kontrollierte Bewegung der Plattform. Durch die sorgfältige Planung und Implementierung dieser Mechanismen kann die gewünschte Funktionalität erreicht werden.

Das Konstruieren ist in der Tat ein iterativer Prozess, bei dem Lösungen durch Probieren und Fehlerfindung erzielt werden. Beim 3D-Druck können Toleranzabweichungen auftreten, die das Endprodukt beeinflussen. Dies kann verschiedene Ursachen haben, wie zum Beispiel Maschineneinstellungen, Materialverhalten oder Modellierungsfehler. Wenn die resultierenden Abmessungen oder Passungen nicht den Anforderungen entsprechen, muss das Design überarbeitet und erneut gedruckt werden. Dieser iterative Prozess wird wiederholt, bis die gewünschten Toleranzen erreicht sind. Ein weiteres Problem war die falsche Bemessung des gegebenen CAD-Modells. Wenn das Modell falsche Abmessungen, Formen oder Materialien aufweist, kann dies zu Problemen bei der Fertigung führen. In solchen Fällen müssen die Konstrukteure das Modell überprüfen, die Fehler identifizieren und korrigieren, um eine genaue Darstellung des gewünschten Produkts zu erhalten.

Die Konstruktion von Halterungen für Schrittmotoren und Endstopsensoren für einen optischen Tisch war eine anspruchsvolle Aufgabe. In diesem Projekt werden einige der häufig auftretenden Probleme und Herausforderungen bei der Gestaltung solcher Halterungen behandelt. Die Identifizierung und Lösung dieser Probleme ist von entscheidender Bedeutung, um eine korrekte Funktion und Leistung des optischen Tisches sicherzustellen.

- Ein häufiges Problem bestand darin, dass die Halterungen nicht mit den Abmessungen der Schrittmotoren und Endstopsensoren kompatibel waren. Dies kann zu Schwierigkeiten bei der Montage führen und die ordnungsgemäße Funktion beeinträchtigen. Die genaue Kenntnis der technischen Spezifikationen der Komponenten ist daher unerlässlich, um passende Halterungen zu entwerfen.
- Die Schrittmotoren erzeugen während des Betriebs beträchtliche Drehmomente und Vibrationen. Daher müssen die Halterungen ausreichend stabil sein, um diesen Belastungen standzuhalten. Unzureichende Stabilität kann zu unerwünschter Bewegung, Genauigkeitsverlust und möglicher Beschädigung der Komponenten führen.
- Die korrekte Platzierung der Endstopsensoren ist von entscheidender Bedeutung, um die präzise Erfassung der Endpunkte des optischen Tisches zu ermöglichen. Eine fehlerhafte Platzierung kann zu ungenauen Messungen und falschen Referenzpunkten führen. Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Halterungen die korrekte Positionierung und Ausrichtung der Sensoren ermöglichen.
- Die Wahl des richtigen Materials für die Halterungen ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Sie müssen stark genug sein, um den Anforderungen standzuhalten, und gleichzeitig leicht genug, um die Bewegung der Schrittmotoren nicht zu beeinträchtigen. Kunststoff wurde als geeignete Materialien für solche Anwendungen gewählt.
- Der Bau von Prototypen der Halterungen ist entscheidend, um deren Funktionalität zu überprüfen. Durch umfangreiche Tests können mögliche Probleme identifiziert werden. Dies ermöglicht Anpassungen und Optimierungen, um die Leistung und Funktionalität der Halterungen zu verbessern.

Um eine optimale Lösung zu finden, wurde umfassendes Recherchematerial genutzt, sowohl online als auch in Büchern, um alle möglichen Varianten für Verkabelung und Konstruktion zu untersuchen. Diese gründliche Untersuchung ermöglichte die Entwicklung äußerst effizienter Lösungen. Durch die Nutzung einer breiten Wissensbasis konnten innovative Ansätze entwickelt und umgesetzt werden, die zu einer herausragenden Effizienz führten. Durch das Beachten und Bewältigen dieser Herausforderungen konnte letztendlich die gewünschte Lösung erreicht werden.

### 2.2.1 Höhenverstellung

Die vertikale Positionierung des Prüftisches wird mithilfe zweier Linearantriebe realisiert, die sich auf beiden Seiten des Tisches befinden. Diese Linearantriebe bestehen aus Gewindespindeln vom Typ drylin SLW-1040, hergestellt von IGUS, und werden, wie in Anforderung F.1 vorgeschlagen, durch jeweils einen Schrittmotor angetrieben. Die Gewindespindeln sorgen für eine lineare Umsetzung der Drehbewegung des Schrittmotors in eine vertikale Bewegung der Auflage. Im Gegensatz zu der horizontalen Bewegung wurde sich bei in der Vertikalen für die Ausführung mit zwei Motoren und gegen eine mechanische Kopplung beider Seiten entschieden, da eine verbindende Welle das Kamerabild beeinträchtigen würde.

Die Verwendung von Schrittmotoren in Verbindung mit Gewindespindeln ermöglicht eine präzise und kontrollierte Bewegung des Prüftisches in der vertikalen Richtung. Die Gewindespindel und die Motorwelle werden mithilfe einer einfachen Wellenkupplung miteinander verbunden. Aus dem TR10x2-Gewinde der Gewindespindeln folgt eine Übersetzung von  $2\frac{mm}{U}$ . Durch die geringe Übersetzung ist eine hohe Positioniergenauigkeit gegeben, und eine eventuelle Asynchronität beider Schrittmotoren hat eine

vernachlässigbar kleine Wirkung. Die definierte Gewindesteigung ermöglicht es, die Position des Tisches mit hoher Genauigkeit zu kontrollieren. Die eingesetzten Schrittmotoren sind die Nema 23 23HE30-2804S Stepper Motoren vom der Firma Stepperonline. Die passenden Treiber sind die DM542T des gleichen Herstellers. Die zugehörigen Datenblätter befinden sich im Anhang.

Durch die Einhaltung der maximalen Drehzahl der Linearheit gemäß den Herstellerangaben wird sichergestellt, dass diese stabil und zuverlässig arbeitet. Die Wahl der drylin SLW-1040 Linearmodule von IGUS gewährleistet eine hochwertige und langlebige Lösung für die vertikale Auflage des Prüftisches. Die Höhenverstellung der Ablage erfordert keine höchst präzise und schwingungsfreie Bewegung und kann grober sein als die horizontale Bewegung. Daher ist es nicht erforderlich, einen Encoder in Verbindung mit den Schrittmotoren zu verwenden.

Abbildung 1 zeigt die erfolgreich implementierte Lösung für die 3D-gedruckte Motorbefestigung. Durch die Verwendung von PLA als Material wurde eine verbesserte Schwingungsisolierung erreicht, was zu positiven Ergebnissen führte.

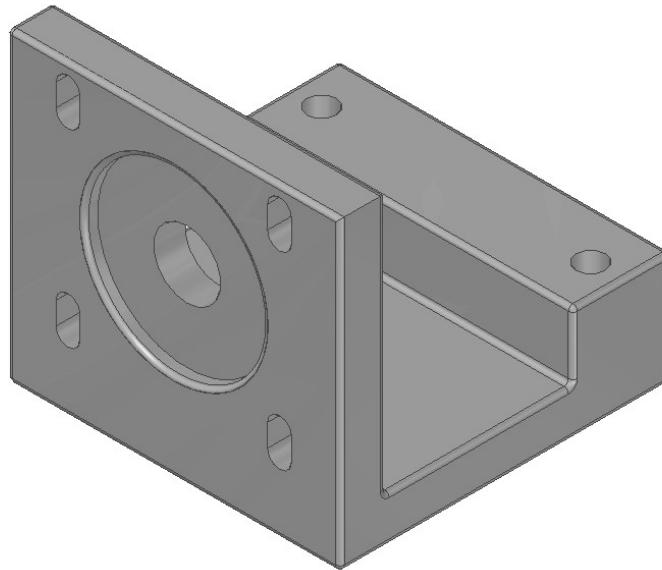


Abbildung 1: Motorhalterung der Schrittmotoren für die vertikale Bewegung

## 2.2.2 Tiefenverstellung

Für die horizontale Bewegung der Auflage werden zwei Linearantriebe auf beiden Seiten verwendet. Diese Antriebe wurden als Linearführungen mit Zahnriemenantrieb von IGUS ausgeführt und sind über eine Welle miteinander gekoppelt. Die Zahnriementriebe sind auf beiden Seiten mit der Traverse der vertikalen Lineareinheit verschraubt. Auf den Traversen der Zahnriementriebe ist wiederum die Ablage befestigt. Laut dem Datenblatt des Modells drylin ZLW-0630-02-B beträgt das maximal benötigte Antriebsmoment für eine geschätzte maximale Nutzlast von  $2\text{kg}$  und einer Geschwindigkeit von  $100\frac{\text{mm}}{\text{s}}$  etwa  $0,15\text{Nm}$  (vgl. IGUS, drylin ZLW - Zahnriemenachse - Antriebsmoment und Belastung). Die Übersetzung des Zahnriemenantriebs beträgt  $54\frac{\text{mm}}{\text{U}}$  (vgl. IGUS, drylin ZLW - Technische Daten).

Aufgrund der Anforderung F.2, die eine besonders präzises Verfahren der Auflage in horizontaler Richtung vorgibt, sollte die horizontale Bewegung möglichst genau und schwingungsfrei sein. Dies wird durch den eingesetzten Closed-Loop-Schrittmotor erreicht, dessen Encoder in Kombination mit dem passenden Motortreiber die ausgeführten Schritte mit den zu absolvierenden Schritten abgleicht und wenn

nötig nachregelt. Der gewählte Motor ist der Nema 23 Closed-Loop Stepper Motor 23SSM der Firma ACT Motor, welcher in Kombination mit dem Closed-Loop Stepper Driver HBS57 des gleichen Herstellers eingesetzt wird. Die Gewindespindel der Lineareinheit wird mittels einer einfachen Wellenkupplung mit der Motorwelle verbunden.

Da die Antriebswellen eine rotatorische Bewegung aufweisen, die mit einer linearen Bewegung verknüpft ist, nutzen Encoder diese Konfiguration zur Wegmessung. Bei der richtigen Abstandsmessung bzw. Wegmessung ist es wichtig, einen geeigneten Umrechnungsfaktor zu wählen, der den Messaufbau, die Geometrie und das Verhältnis von linearer zu rotatorischer Bewegung berücksichtigt. Die Anzahl der Impulse pro Umdrehung wird durch die erforderliche Auflösung bestimmt. Der Encoder erfasst die rotatorische Bewegung und ermöglicht so die Messung der linearen Bewegung der Auflage.

Abbildung 2 zeigt die erfolgreich implementierte Lösung für die 3D-gedruckte Motorbefestigung. Durch die Verwendung von PLA als Material wurde eine verbesserte Schwingungsisolierung erreicht, was zu positiven Ergebnissen führte.

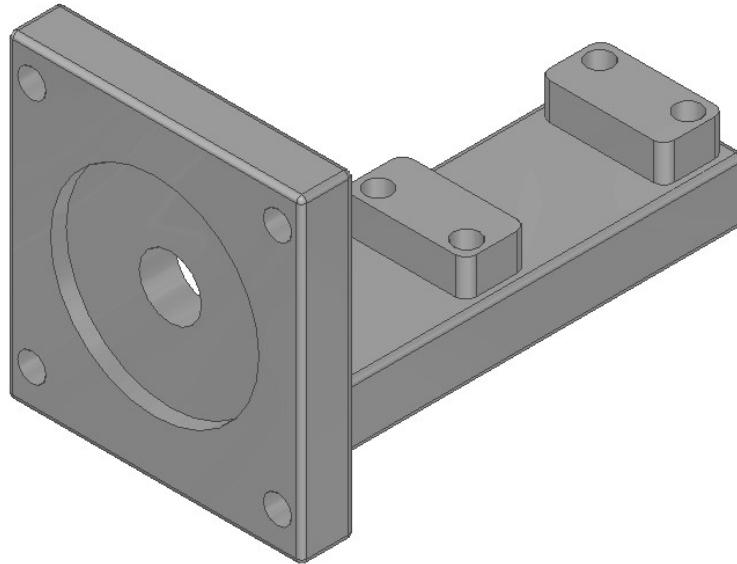


Abbildung 2: Motorhalterung des Closed-Loop-Schrittmotors für die horizontale Bewegung

### 2.3 Endstop

Um die horizontale und vertikale Bewegung der Traversen gemäß Anforderung S. 2 sicher zu begrenzen, werden Endstop-Sensoren benötigt, welche die Motoren stoppen, sollte der maximale Verfahrweg erreicht sein. Insgesamt wurden vier Sensoren verbaut, zwei pro Richtung. Die Befestigungen der Sensoren und deren Deckel wurden mittels 3D-Druck hergestellt und ist in den folgenden Abbildungen 3 bis 6 dargestellt:

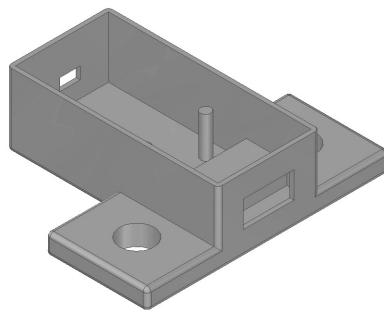


Abbildung 3: Befestigung der vertikalen Endstopsensoren

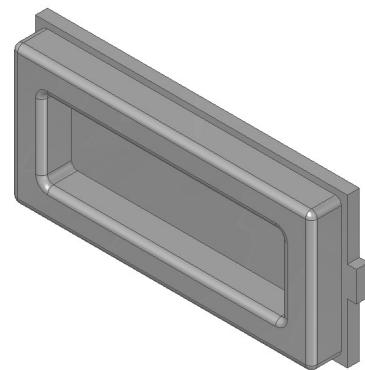


Abbildung 4: Deckel der vertikalen Endstopsensorbefestigung

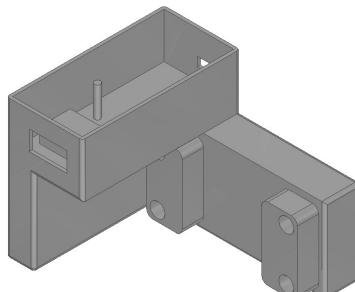


Abbildung 5: Befestigung der horizontalen Endstopsensoren

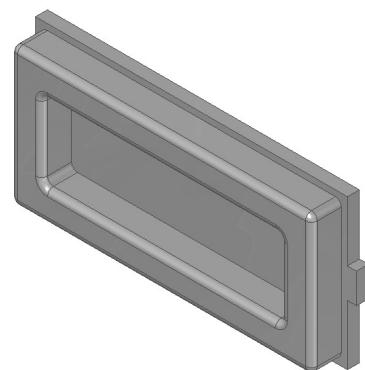


Abbildung 6: Deckel der horizontalen Endstopsensorbefestigung

In horizontaler Richtung Schlägt die Traverse der Lineareinheit an den Enstopsensor an und löst so den Halt des Motors aus. In vertikaler Richtung ist dies nicht ohne Weiteres zu realisieren, sodass ein Bauteil von Nöten ist, welches an der Traverse befestigt wird und einen Anschlag seitlich von der Lineareinheit ermöglicht. Das 3D-gedruckte Bauteil ist in der folgenden Abbildung 7 dargestellt:

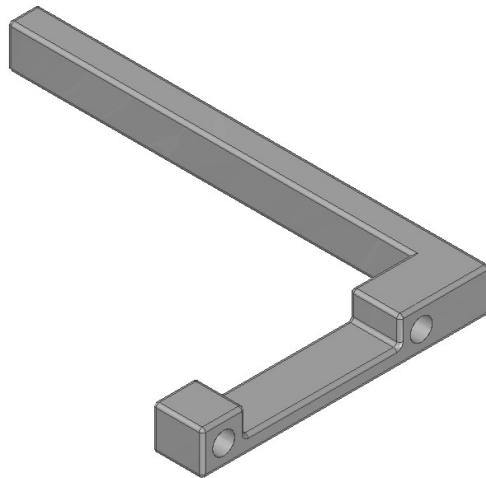


Abbildung 7: Vertikaler Endstopsensoranschlag

Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme wurde ein Nothalt-Knopf am User Interface installiert, sodass bei einem Ausfall der Endstopsensoren oder einem anderweitigen Haltewunsch ein Stoppen der Motoren

jederzeit möglich ist.

## 2.4 Steuerung

Der Aufbau besteht aus drei Arduinos. Zur Steuerung des Gesamtsystems wurden drei Code-Dateien erstellt. Eine dient zur Steuerung der Anzeige (Display), eine weitere zur Motorsteuerung und die dritte zur Kontrolle der LED-Beleuchtung. Die Codes wurden sorgfältig konzipiert und implementiert, um eine reibungslose Kommunikation und Interaktion zwischen den verschiedenen Systemkomponenten zu gewährleisten. Das Display wird von dem Master-Arduino gesteuert. Die Kommunikation mit den beiden Slave-Arduinos, die für die Motorsteuerung und die Beleuchtung zuständig sind, erfolgt über das I2C-Protokoll. Die Struktur des Display-Menüs ist wie folgt aufgebaut (Abbildung 8).

Derzeit besteht die Beleuchtung aus zwei Lampen. Im Menü wird diese in 'Lampe oben', 'Lampe unten' und

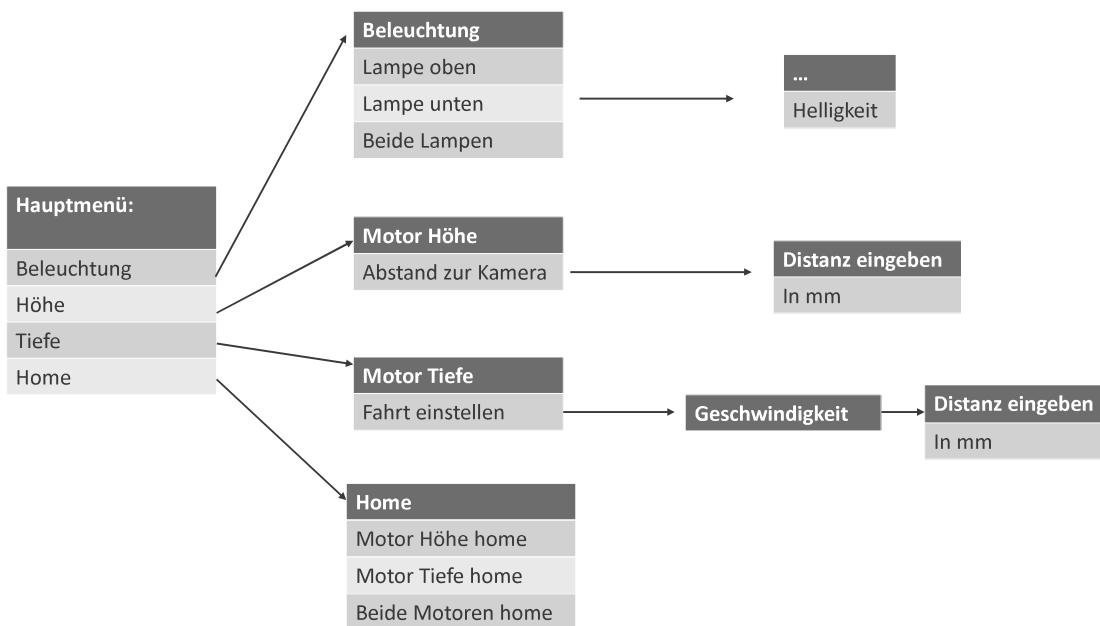


Abbildung 8: Display-Menüs

und 'beide Lampen' unterteilt. Die beiden Lampen können mit folgenden Parametern eingestellt werden: bei Eingabe der Taste 1 ist das Licht aus, mit Taste 2 beträgt die Helligkeit 25%, mit 3 - 50%, mit 4 - 75% und mit 5 - 100%. Die Werte dazwischen werden nicht berücksichtigt, da ein Dimmen bei diesen Werten für das menschliche Auge nicht erkennbar ist.

Die Steuerung der Motorenbewegung erfolgt über das Display. Im Menüpunkt 'Höhe' kann der gewünschte Abstand zur Kamera in Millimetern eingetragen werden. Daraufhin berechnet der Motor die Distanz von seiner oberen Position und bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit bis zum festgelegten Punkt. Unter dem Menüpunkt 'Tiefe' kann ebenfalls eine Distanz in Millimetern eingegeben werden, wobei hier zusätzlich eine Geschwindigkeit vom Benutzer ausgewählt werden kann. Die Optionen für die Geschwindigkeit sind 'schnell', 'mittel' und 'langsam'.

Schließlich gibt es das 'Home'-Menü, das drei verschiedene Optionen bereitstellt: Home X, Home Z und 'Alle Home'. Bei der Auswahl von Home X wird der Höhenmotor auf die Nullposition gefahren, in unserem Fall entspricht das der unteren Position. Bei der Auswahl von Home Z wird die Tiefe auf die Nullposition eingestellt, in unserem Fall nach hinten. Die Option 'Alle Home' bringt die gesamte Inspektionsoberfläche, also den Tisch, in die Ausgangsposition zurück.

Der Arduino-Motor besitzt folgende Funktionen: Die Hauptfunktion, RunRevolution, ermöglicht die Bewegung des Motors sowohl in der Höhe als auch in der Tiefe.

Eine zusätzliche Hilfsfunktion berechnet die Anzahl der Umdrehungen. Hierbei wird die Anzahl der Umdrehungen in Abhängigkeit von der in Millimetern angegebenen Distanz berechnet. Die Werte für Tiefe und Höhe unterscheiden sich, da die Umwandlung des Drehmoments pro Umdrehung für die Tiefe 5,4 cm und für die Höhe 0,2 cm beträgt. Alle Motoren Bewegungen, die durch die Menüauswahl ausgelöst werden, werden mithilfe von Hauptfunktion durchgeführt. Die Parameter für diese Hauptfunktion beinhalten eine Liste von Motor-Pins, die Richtung, die Anzahl der Umdrehungen und die Geschwindigkeit. Sollten mehr Umdrehungen angefordert werden, als erlaubt sind, werden diese durch die End-Stop-Sensoren geregelt. Die Richtung kann entweder 1 oder 0 sein. Bei Nichtübermittlung eines Parameters wird die Geschwindigkeit als langsam angesehen.

Die Home-Funktion bewegt sich gemäß der Beschreibung im Home-Menü. Der Parameter 0 steht für X-Home, 1 für Z-Home und 2 für beide Achsen. Die Sicherheit des Codes und des Systems hat oberste Priorität. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Eingabe von Entfernung in Millimetern gelegt, die außerhalb des Systembereichs liegen. Um mögliche Schäden zu vermeiden, wird eine solche Bewegung von einem End-Stop-Sensor erfasst und der Motor rechtzeitig gestoppt. Vier dieser Sensoren sind im System installiert und decken alle Richtungen ab. Außerdem ist in der RunRevolutions Funktion eine Schleife integriert, welche bei einem fehlerhaften Verhalten des Motors dafür sorgt, dass sich die Motoren anhalten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Sicherheitskonzepts ist die gleichzeitige Ansteuerung der beiden Höhenmotoren. Sie sind mit denselben Arduino-Pins verbunden, sodass das Signal gleichzeitig an beide Motortreiber gesendet wird. Wenn eine Unterbrechung auftritt, werden beide Motoren gestoppt. Das verhindert ein Szenario, in dem nur einer der beiden Motoren läuft und dadurch das System beschädigt wird.

Zusätzlich ist der Tiefenmotor mit einem Encoder ausgestattet, was eine zusätzliche Sicherheitsebene bietet. Falls einer der horizontalen Endstopsensoren ausfallen sollte und die Traverse an den Anschlag stoßen, wird dies von dem Encoder registriert und der Treiber stoppt den Motor automatisch.

Um das gesamte System abzusichern, wurde entschieden einen Not-Stop Schalter zu integrieren, welcher im Gegenteil zu dem Not-Aus Schalter am Schaltschrank nicht den Strom zum gesamten System abschaltet, sondern kritische Elemente zur Sicherheit anhält. So ist bei den verwendeten Motoren ein Haltemoment gewährleistet. Dieser Not-Aus Schalter ist von dem Benutzer gut sichtbar am User Interface platziert und funktioniert auf logische Art mit dem Arduino zusammen.

#### 2.4.1 I2C-Kommunikation

Für die Kommunikation zwischen den verschiedenen Steuerelementen wurde I2C (Inter-Integrated Circuit) verwendet.

Der I2C-Betrieb in Arduinos basiert auf einem Master-Slave-Konzept. Der Master-Controller sendet Befehle oder Daten an die Slaves, indem er bestimmte I2C-Nachrichten in Form von Datenpaketen übermittelt. Jedes Gerät am I2C-Bus verfügt über eine eindeutige Adresse, mit der der Master das gewünschte Slave-Gerät anspricht.

Die I2C-Kommunikation besteht aus zwei Signalen: SDA (Serial Data) und SCL (Serial Clock). SDA ist die Datenleitung, über die die eigentlichen Daten übertragen werden, während SCL die Taktleitung ist, die das Timing für die Kommunikation bereitstellt.

Die I2C-Kommunikation eignet sich gut für das Projekt, da die I2C-Unterstützung bereits in der Arduino-Plattform implementiert und gut dokumentiert ist.

#### Aufbau in unserem Projekt:

1. Master-Controller: Der Master-Controller ist der zentrale Arduino, der das User Interface steuert und die Kommunikation mit den Slaves übernimmt. Er ist für die Erfassung von Benutzereingaben zuständig und sendet diese über den I2C-Bus an die Slaves.
2. Slave für Motorsteuerung: Einer der beiden Slaves übernimmt die Motorsteuerung. Dieser Arduino ist mit Motoren verbunden. Der Slave erhält Befehle vom Master-Controller über den I2C-Bus und steuert die Motoren entsprechend, indem er die gesendeten Bytes auswertet.
3. Slave für Beleuchtungssteuerung: Der andere Slave-Arduino ist für die Beleuchtungssteuerung zuständig. Er ist mit zwei LED-Panels indirekt verbunden, die für die Ausleuchtung der zu inspirierenden Objekte verwendet werden. Der Slave erhält Steuerbefehle vom Master-Controller über den I2C-Bus und passt die Beleuchtung entsprechend an, indem er die gesendeten Bytes auswertet.

Beispiel:

**Kommunikation mit dem Slave-Gerät:** Initialisiere I2C-Kommunikation mit Adresse 0x08 **Variablen setzen:** caseNumber ← 2 **Daten senden:** Sende caseNumber über I2C Sende mm (Distanz in mm) über I2C mit Verwendung von Type Casting Sende Speed (Geschwindigkeit) über I2C mit Verwendung von Type Casting **Übertragung beenden:** Beende die I2C-Übertragung Zur Übertragung von mehreren Bytes an Daten (mehrere Befehle senden) ist es nötig Type Casting zu verwenden. Die Funktion zum Übertragen erwartet als Parameter einen Zeiger (Pointer) auf das erste Byte der zu sendenden Daten und die Anzahl der zu sendenden Bytes. Durch die Verwendung von Type Conversion werden die Adressen der Variablen in Byte-Adressen umgewandelt, und die Funktion kann auf diese Adressen zugreifen, um die Daten zu senden. Um die empfangenen Befehle korrekt zu verarbeiten, wird eine Funktion verwendet, um das zuvor angewendete Type Casting umzukehren. Dadurch werden die empfangenen Daten in Variablen gespeichert. Anschließend wird eine Case-Funktion verwendet, um die entsprechenden Aktionen basierend auf den empfangenen Befehlen auszuführen.

## 2.5 Bedienelemente

Zur Bedienung der verschiedenen Komponenten des Prüftisches ist eine Bedientafel als Hardwareschnittstelle vorzusehen. Diese sollte laut Anforderungen A.1.3 und A.1.4 mithilfe von möglichst wenigen Komponenten, auf unkomplizierte Weise die Steuerung folgender Komponenten ermöglichen:

- Beleuchtungsvorrichtungen
- Schrittmotor zur Höhenverstellung der Prüfoberfläche
- Schrittmotor zur Tiefenverstellung der Prüfoberfläche
- Stromzufuhr des Prüftisches
- Not-Aus

Des Weiteren sollte laut Anforderung F.6 eine Statusanzeige verwendet werden welche dem Benutzer zeigt wann das System läuft. Hierfür wurde eine LED Lampe im Panel des User Interfaces verwendet. Somit besteht das Interface aus folgenden Komponenten:

- Buttons zum bedienen des Menüs
- Ein LCD Display zur anzeigen des Menüs
- Eine LED welche anzeigt wann die Mikrokontroller mit Strom versorgt werden
- Ein AN/ AUS Schalter
- Ein Keypad zur Eingabe von Daten

Der Master Arduino welcher Befehle an die beiden Steuerungskontroller gibt, befindet sich unter dem Bedienpanel und kann durch ein Durchgangsloch, über USB gesteuert werden.

Die für das UI verwendeten Teile (Panel und Box) wurden beide so konstruiert, dass sie sowohl als Frästeile wie auch Druckteile produziert werden können. Es wurde entschieden PLA Druckteile zu verwenden, um den optischen Ansprüchen aber zu genügen, können diese durch Holz oder Metallfrästeile ausgetauscht werden. Beide Teile werden durch eine Schraubverbindung miteinander verbunden. LED und Schalter können in die vorgesehenen Löcher verschraubt werden, während Button und Keypad am Panel angeklebt wurden. Der LCD Display wurde an den vorgesehenen Sockeln an der Hinterseite des Panels geschraubt.

Bei der Bestellung des Not-Stop Schalters wurde versehentlich ein mechanischer gekauft welcher keine elektronischen Anschlüsse besitzt. Um ihn nichtsdestotrotz verwenden zu können wurde ein Druckteil erstellt welches einen elektrischen Schaltknopf hält, der an den Masterarduino angeschlossen ist. Dieses Druckteil wird dann in die UI Box eingeklebt und ist in folgender Abbildung dargestellt.

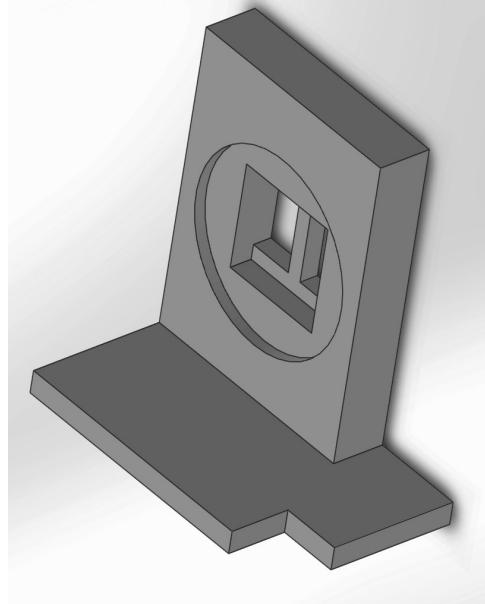


Abbildung 9: Halterung für Not-Stop

Eine Bedienanleitung zum User Interface ist im Anhang zu finden.

## 2.6 Verkabelung

In der folgenden Abbildung 9 ist ein Schaltplan des Gesamtsystems zu sehen.

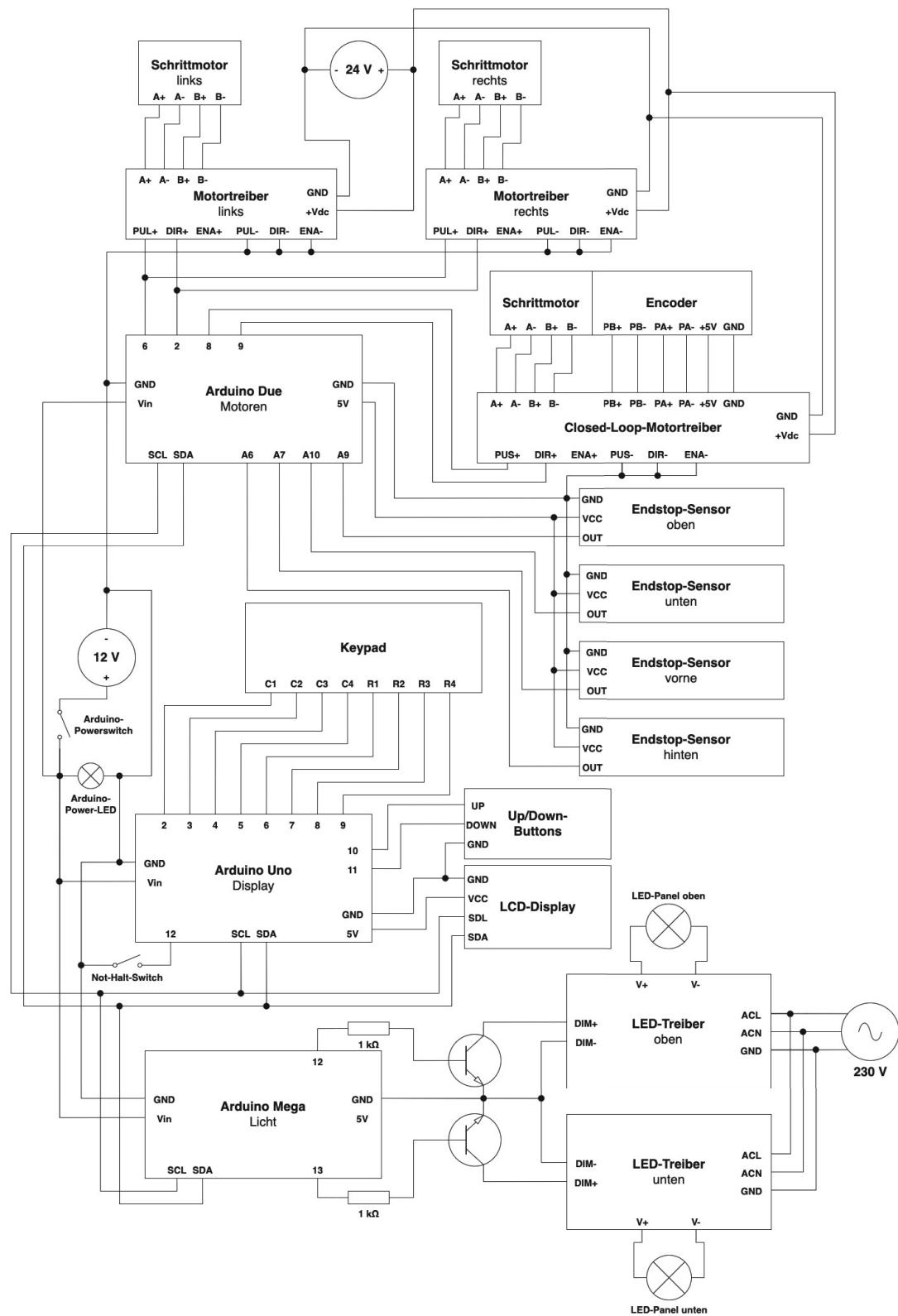


Abbildung 10: Schaltplan

Bei der Verkabelung wurde darauf geachtet möglichst organisiert und sicher zu arbeiten. Um mögliche Kurzschlüsse zu vermeiden, wurde an allen Stellen wo es möglich war, Kontaktstellen verlötet und mit Schrumpfschlauch versehen. An den Arduinos wurden Steckverbindungen genutzt, welche es ermöglichen das System einfach zu erweitern und anzupassen. Bei der Kabelverlegung wurde darauf geachtet, dass die Kabel weder unter mechanischer Spannung liegen, noch im Sichtfeld der Zeilenkamera. Auch auf die Bewegung der Prüffläche wurde geachtet. Um die Kabel auf solche Art zu verlegen wurden

Kabelsockel und Kabelbinder platziert.

### 3 Ergebnisse und Verbesserungen an das System

Das entwickelte System entspricht den Anforderungen die durch das Frauenhofer IPK gestellt wurde. Die mechanische Verstellung des Detektionsbereich wurde elektronisch umgesetzt und automatisiert. Lichtelemente wurden auf solcher Weise ausgeführt das eine zukünftige Erweiterung dieser, mit wenig Aufwand möglich ist. Auch die Einstellung unterschiedlicher Beleuchtungsstufen auf der oberen und unteren LED Platte wurden ausgeführt.

Das gesamte System ist steuerbar über eine einfach gehaltenes User Interface, welches dem Benutzer die Möglichkeit gibt Einstellungen des Prüftisches über ein zentrales Element zu regeln. Des Weiteren ist das UI auf solche Art entwickelt worden, dass jegliche Anpassungen an Software einfach durch eine USB Schnittstelle umzusetzen sind, und mit der multifunktionalen Keypadtaastatur auch hardware-technisch möglich sind. Auch der Zugriff auf die Steuerungskontroller ist einfach, da diese in einer Schublade unter dem unteren LED Panel aufbewahrt werden.

Während des gesamten AUslegungsprozesses wurde darauf geachtet die Funktionalität des Prüftisches durch die Automatisierung nicht zu beeinträchtigen. Somit wurde bei der Verkabelung darauf geachtet, dass sämtliche Kabel außerhalb des Detektionsbereichs verlegt wurden.

Auch die Sicherheitsanforderungen an das System wurden befolgt in dem ein zentraler Not-Aus Schalter, ein Not-Stop Schalter und ein Schalter zur Stromversorgung der Microcontrollern vorgesehen wurden. Hardwareseitig sorgt der Encoder der Tiefenverstellung ebenfalls für Sicherheit in dem bei zu großem mechanischen Widerstand, der Treiber in Alarm Modus schaltet und der Motor stoppt. Auf Seitens der Software wurden ebenfalls Sicherheitsfeatures integriert.

Der geschriebene Code für die einzelnen Arduinos wurde ausführlich kommentiert, um zukünftige Arbeiten am Prüftisch zu vereinfachen. Auch die CAD Dateien der konstruierten Bauteilen wurde abgeben um bei Austauschbedarf, Ersatzteile fertigen zu können.

Trotz der erfüllten Anforderungen, bestehen Verbesserungsmöglichkeiten, welche das System auf ein noch höheres Niveau bringen würde. Unter diesen ist die Verbesserung der Kabelidentifizierung. Anhand der zur Verfügung gestellten Kabeln, ist die Identifikation bestimmter Kabel etwas mühsam. Darüber hinaus bestände die Möglichkeit die Software mit einer Speichersystem für Einstellungsprofilen zu erstellen, durch welches der Benutzer seine häufig genutzten Einstellungen (Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Lichthelligkeit, usw.) auf Knopdruck aufrufen könnte. Auch hierfür ist das System hardwareseitig vorbereitet, da das Keypad über passende Tasten verfügt. Nebstdem wäre die Verwendung eines Protoboard zu empfehlen, über welches sämtliche Steckverbindungen am Arduino befestigt werden um versehentliches abstecken zu vermeiden.

## 4 Literatur

IGUS, *drylin ZLW - Technische Daten*, Letzter Zugriff am 13.06.2023: <https://www.igus.de/info/technische-daten-drylin-zlw>.

IGUS, *drylin ZLW - Zahnriemenachse - Antriebsmoment und Belastung*, letzter Zugriff 13.06.2023: <https://www.igus.de/info/linear-guides-drylin-zlw-drive-torque-load>.

Conrad Electronic SE, *Whadda WPM327 Sensor-Modul 2 St.*, Letzter Zugriff am 13.06.2023: <https://www.conrad.de/de/p/whadda-wpm327-sensor-modul-2-st-2481894.html>

Arduino, *Arduino Controlling PWM*, Letzter Zugriff: 20.06.2023: <https://forum.arduino.cc/t/arduino-controlling-pwm-of-meanwell-driver/541656/6>

## 5 Anhang

# Automatic Platform for Optical Inspection Systems

AUT-Projekt WS22

Darstellung der Projektanforderungen

06.12.2022 Oliver Krumpek

## Grundsätzliche Anforderungen an Sicherheit

Anforderung	Kurzbeschreibung	Vorstellbare Umsetzung / Besonderheiten / etc
S.1 Sicherheit	Grundsätzlich ist ein zentraler Notschalter für alle Komponenten vorzusehen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anbringung im direkten Sichtfeld der Bediner*in</li> <li>■ Möglichst Nutzung der angebrachten Lineareinheiten</li> </ul>
S.2 Sicherheit	Die Motorschaltung muss so ausgelegt sein, dass ein Anschlag, durchdrehen oder anderweitige Fehlstellungen (und natürlich Beschädigungen) der Einrichtung vermieden wird	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lösung in Software und Hardware</li> <li>■ Beispielsweise können Positionsschalter oder Sensoren angebracht werden, deren Schalten die Motorfahrt beendet</li> </ul>
S.3 Sicherheit	Alle Elektronischen Komponenten sind fachgerecht und sicherheitsorientiert angebracht und geschaltet	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Elemente sind möglichst im Schaltschrank untergebracht</li> <li>■ Keine offenen Verbindungen</li> <li>■ Kontakte sollen möglichst mit klemmen fest verbunden und isoliert sein</li> </ul>
S.4 Sicherheit	Netzgeräte müssen durch Laborpersonal angeschlossen werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bitte aus sicherheitstechnischen Gründen die IPK Mitarbeiter oder Betreuer um einmalige Verkabelung bzw. Installation der 230V Anschlüsse bitten</li> </ul>

## Grundsätzliche Anforderungen an die Dokumentation der Planung

Grundsätzlich sollen die Arbeiten nachvollziehbar und eben auch erweiterbar sein. Insbesondere für die Verschaltung besteht daher die Notwendigkeit der digitalen Dokumentation der Schaltpläne und Verkabelung. Des Weiteren ist es natürlich notwendig, einige CAD Zeichnungen und Konstruktionsentwürfe zu erdenken und zu gestalten. Alle Dokumentationen folgen dem Prinzip von so detailliert wie nötig ausgearbeitet zu sein.

Anforderung	Kurzbeschreibung	Vorstellbare Umsetzung / Besonderheiten / etc
D.0 Code	Sämtlicher Quellcode ist in übersichtlicher Weise zu dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Der Code selbst ist zu kommentieren</li> <li>■ Es empfiehlt sich die Nutzung von Diagrammen und grafischer Darstellung</li> </ul>
D.1 Digitale Tools	Es sind Tools zur Planung aller Einrichtungen zu benutzen und die Pläne im Bericht zu dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <a href="https://www.mikrocontroller.net/articles/Datei:Fritzling_bildschirmfoto.png">https://www.mikrocontroller.net/articles/Datei:Fritzling_bildschirmfoto.png</a></li> <li>■ <a href="https://app.diagrams.net/">https://app.diagrams.net/</a></li> </ul>
D.2 Projektberichte	Die Projektberichte (Zwischenbericht und Abschlussbericht) verstehen sich als eine technische, wissenschaftliche Ausarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Adressieren der Rahmenbedingungen</li> <li>■ Darstellung eines Arbeitsplans</li> <li>■ Darstellung der Aufgabe und Motivation</li> <li>■ Darstellung der gewählten Methoden</li> <li>■ Beschreibung der durchgeföhrten Arbeiten</li> <li>■ Kritische Betrachtung der Ergebnisse und Ausblick</li> </ul>

## Grundsätzliche Anforderungen an Bedienbarkeit und Erweiterbarkeit

Anforderung	Kurzbeschreibung	Vorstellbare Umsetzung / Besonderheiten / etc
A.1.1 Erweiterbarkeit	Die Beleuchtungssteuerung ist so auszulegen, dass eine nachträgliche Installation von weiteren Elementen möglich und	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung von digitalen Bedienelementen</li> <li>■ Intelligent gestaltete Planung der Anschlüsse im Schaltkasten</li> </ul>
A.1.2 Vorzeigbarkeit	Die Bedientafel ist grundsätzlich so zu gestalten, dass sie hohen optischen Ansprüchen genügt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kein direkter Blick auf Platinen, Kabel, Lötstellen</li> <li>■ z.B. Nutzung von gedruckten Verblendungen</li> <li>■ z.B. Gestaltung einer Holzblende mit gefrästen Ausschnitten für Anzeige und Schaltelemente</li> </ul>
A.1.3 Einfachheit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass unnötige oder redundante Schalter vermieden werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung von digitalen Bedienelementen</li> <li>■ Intelligente Auslegung der</li> </ul>
A.1.4 Verständlichkeit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass die Gerätschaft ohne Einweisung und durch ungeschulte Personen bedient werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Z.B. Nutzung von Anzeige LEDs</li> <li>■ Gestaltung einer sichtbaren Bedienanleitung</li> <li>■ Beschriftung der Elemente</li> </ul>
A.1.5 Robustheit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass die Gerätschaft möglichst lange hält und Spaß macht	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keine zu fummeligen Schalter und Bedienelemente nutzen</li> <li>■ Möglichst keine Schalter direkt auf Platinen nutzen</li> <li>■ Robuste Anbringung aller Komponenten</li> <li>■ Saubere und langlebige Kabelverbindungen</li> </ul>

## Grundsätzliche Anforderungen an die Hardwareschnittstellen

Anforderung	Kurzbeschreibung	Vorstellbare Umsetzung / Besonderheiten / etc
A.2.1 Erweiterbarkeit	Die Beleuchtungssteuerung ist so auszulegen, dass eine nachträgliche Installation von weiteren Elementen möglich und	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung von digitalen Bedienelementen</li> <li>■ Intelligent gestaltete Planung der Anschlüsse im Schaltkasten</li> </ul>
A.2.2 Vorzeigbarkeit	Die Bedientafel ist grundsätzlich so zu gestalten, dass sie hohen optischen Ansprüchen genügt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kein direkter Blick auf Platinen, Kabel, Lötstellen</li> <li>■ z.B. Nutzung von gedruckten Verblendungen</li> <li>■ z.B. Gestaltung einer Holzblende mit gefrästen Ausschnitten für Anzeige und Schaltelemente</li> </ul>
A.2.3 Einfachheit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass unnötige oder redundante Schalter vermieden werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung von digitalen Bedienelementen</li> <li>■ Intelligente Auslegung der</li> </ul>
A.2.4 Verständlichkeit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass die Gerätschaft ohne Einweisung und durch ungeschulte Personen bedient werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Z.B. Nutzung von Anzeige LEDs</li> <li>■ Gestaltung einer sichtbaren Bedienanleitung</li> <li>■ Beschriftung der Elemente</li> </ul>
A.2.5 Robustheit	Alle Bedienelemente sind so zu gestalten, dass die Gerätschaft möglichst lange hält und Spaß macht	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keine zu fummeligen Schalter und Bedienelemente Nutzen</li> <li>■ Möglichst keine Schalter direkt auf Platinen nutzen</li> <li>■ Robuste Anbringung aller Komponenten</li> </ul>

## Grundsätzliche Anforderungen an die Funktionalität

Anforderung	Kurzbeschreibung	Vorstellbare Umsetzung / Besonderheiten / etc
F.1 Vertikales verfahren	Der Detektionsbereich lässt sich vertikal verfahren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Realisierbar durch zwei synchrone Motoren oder einen Motor mit Kraftübertragung auf zweite Lineareinheit</li> <li>■ Möglichst Nutzung der angebrachten Lineareinheiten</li> <li>■ Der Zentrale Blick der Kameras darf nicht verdeckt werden</li> </ul>
F.2 Horizontales verfahren	Der Detektionsbereich lässt sich horizontal verfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die horizontale Verfahrung hat besonders hohe Ansprüche an die Genauigkeit</li> <li>■ Die Bewegung muss möglichst absolut schwingungsfrei sein</li> </ul>
F.3 Lichtschaltung	Die bestehenden Beleuchtungselemente (obere und untere Leuchtplatte) lassen sich einzeln schalten und dimmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gesamt von der Gruppe auszuarbeiten</li> </ul>
F.4 Lichtschaltung ++	Es lassen sich bis zu 5 weitere Beleuchtungselemente nachträglich in den Aufbau integrieren, die sich ebenfalls einzeln schalten und dimmen lassen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hier sind im Wesentlichen die Anschlussmöglichkeiten vorzusehen</li> <li>■ Die Bedienelemente müssen die weitere Schaltung zulassen</li> </ul>
F.5 Softwareschnittstelle	Neben der Hardwareschnittstelle ist auch eine Softwareschnittstelle zur Steuerung der Hardware vorzusehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bereitstellung von entsprechenden Funktionen im Programm des Mikrocontrollers</li> <li>■ Dokumentation der Schnittstelle und Bereitstellung eines minimal gestalteten Testprogramms</li> </ul>
F.6 AN / AUS	Es gibt einen zentralen Schalter und der Status (an oder aus) des Gerätes ist sichtbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ggf. kann der Not-Aus Schalter genutzt werden</li> <li>■ Nutzung von einer Statusanzeige</li> </ul>

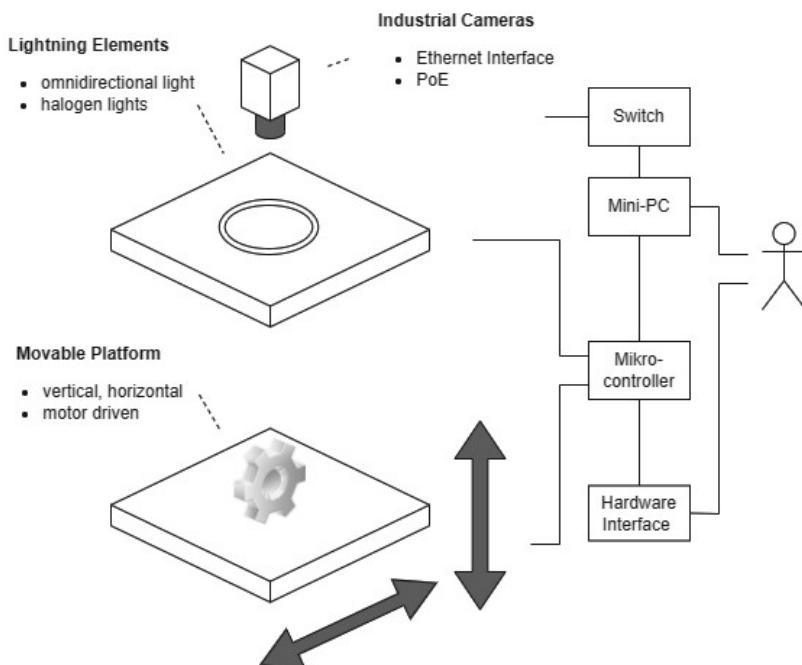
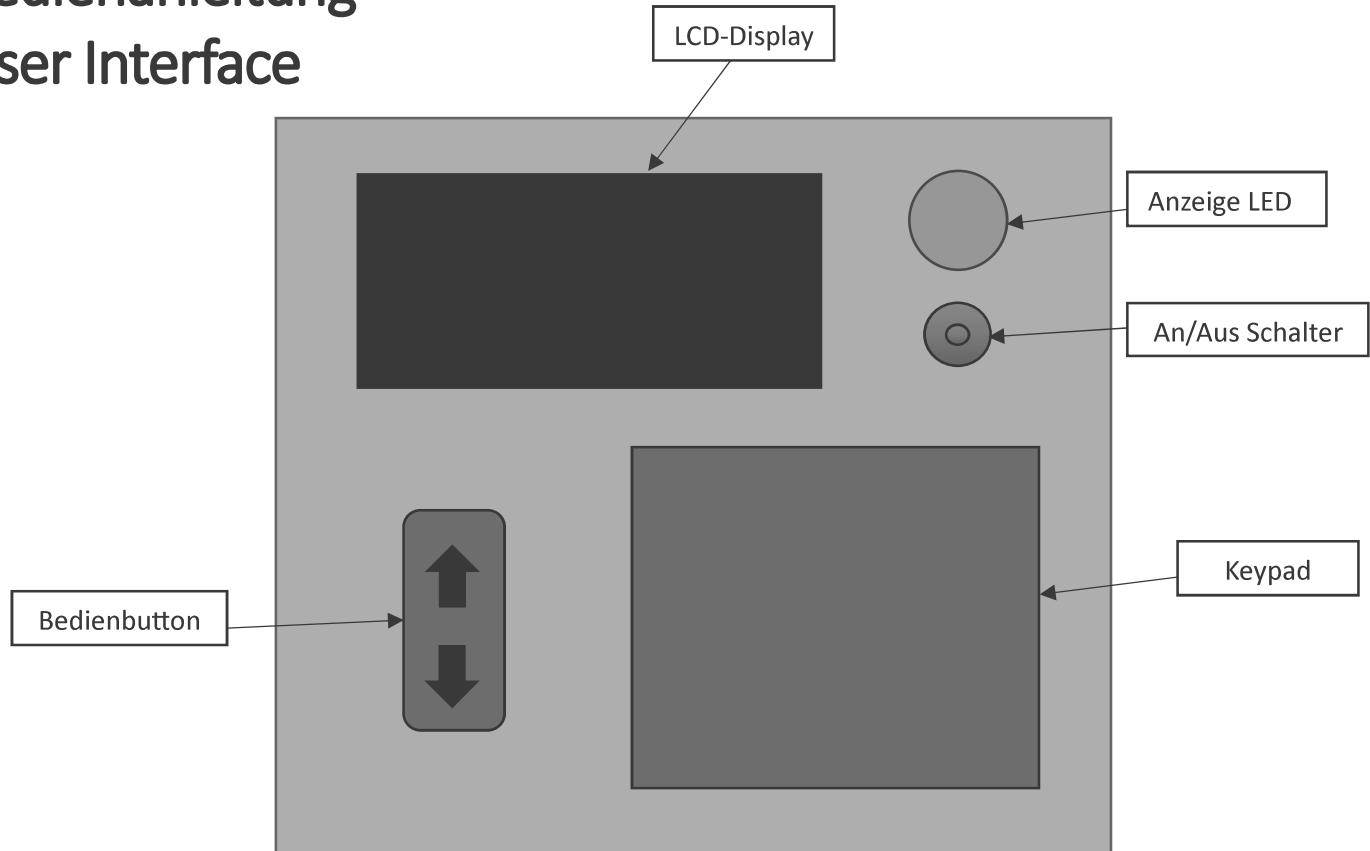


Abbildung 1 - Schematische Darstellung

# Bedienanleitung

## User Interface



### An/ Aus schalten:

1. Bei eingeschaltetem Hauptstrom (roter Schalter am Schaltschrank) den An/ Aus Schalter bedienen
2. Im angeschalteten Zustand sollte die LED grün leuchten und das Display angehen

### Allgemeine Navigation:

1. Zur allgemeinen Menünavigation ist der Bedienbutton und das Keypad zu benutzen
2. Auf dem Keypad entspricht die Stern Taste (\*) der Auswahl Taste und die Raute Taste (#) der Abbruch Taste

### Helligkeit einstellen:

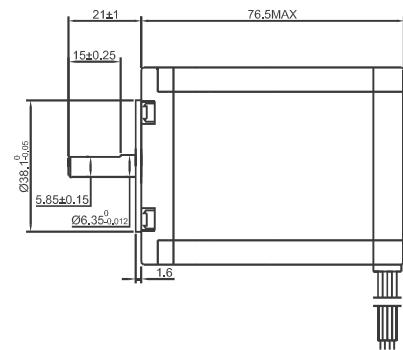
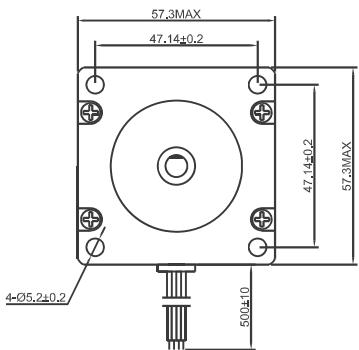
1. Den Menüpunkt „Beleuchtung“ auswählen
2. Die einzustellende Lampe auswählen
3. Die Helligkeitsstufe mithilfe der Keypadzahlen und der Auswahltaste einstellen

### Motorverstellung:

1. Den Menüpunkt welcher der zur verstellenden Achse (Höhe/ Tiefe) auswählen
2. Die Fahrgeschwindigkeit mithilfe der Keypadzahlen und der Auswahltaste einstellen
3. Die Distanz mithilfe der Keypadzahlen und der Auswahltaste einstellen

### Home:

1. Den Menüpunkt Home auswählen
2. Die Achse, welche in die Home Position gefahren werden soll, auswählen

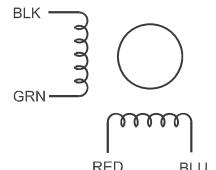


SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR
AMPS/PHASE		2.80
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		1.13±10%
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		5.40±20%
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]		1.85[16.39]
STEP ANGLE(°)		1.80
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)		±5.00%
ROTOR INERTIA(g-cm²)		440.00
WEIGHT(Kg)[lb]		—
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)		
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]		
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)		
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]		
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)		
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)		

TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR	
PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING
1	A+ —	BLK	A+
2	A- —	GRN	A-
3	B+ —	RED	B+
4	B- —	BLU	B-

FULL STEP 2 PHASE-Ex., WHEN FACING MOUNTING END (X)

STEP	A+	B+	A-	B-	CCW
1	+	+	-	-	↓ CCW
2	-	+	+	-	↑ CW
3	-	-	+	+	
4	+	-	-	+	



**STEPPERONLINE®**

APVD		10.30.2020
CHKD		
1:1.5	DRN	
SCALE	SIGNATURE	DATE

**STEPPER MOTOR**

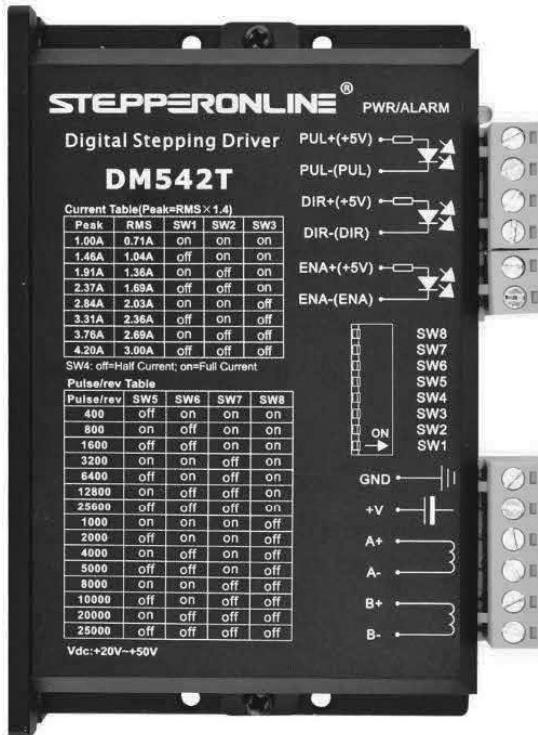
**23HE30-2804S**

**User's Manual**  
For  
**DM542T**  
**Full Digital Stepper Drive**

Designed by StepperOnline®

Manufactured by Leadshine®

©2017 All Rights Reserved Attention: Please read this manual  
carefully before using the drive!



**STEPPERONLINE®**

#7 Zhongke Road, Jiangning, Nanjing, China

Tel: 0086-2587156578

Web site: [www.omc-stepperonline.com](http://www.omc-stepperonline.com)  
E-Mail: [sales@stepperonline.com](mailto:sales@stepperonline.com)

## Table of Contents

1. Introductions, Features and Applications.....	1
Introductions.....	1
Features.....	1
Applications.....	1
2. Specifications.....	1
Electrical Specifications ( $T_J = 25^\circ\text{C}/77^\circ\text{F}$ ).....	1
Operating Environment and other Specifications.....	2
Mechanical Specifications (unit: mm [1inch=24.5mm]).....	2
Elimination of Heat.....	2
3. Pin Assignment and Description.....	3
Connector P1 Configurations.....	3
Connector P2 Configurations.....	3
4. Control Signal Connector (P1) Interface.....	3
Connections of 4-lead Motor.....	4
Connections of 6-lead Motor.....	4
Half Coil Configurations.....	4
Full Coil Configurations.....	5
Connections of 8-lead Motor.....	5
Series Connections.....	5
Parallel Connections.....	5
5. Power Supply Selection.....	6
Regulated or Unregulated Power Supply.....	6
Multiple Drives.....	6
Selecting Supply Voltage.....	6
6. Selecting Microstep Resolution and drive Output Current.....	6
Microstep Resolution Selection.....	6
Current Settings.....	7
Dynamic Current Setting.....	7
Standstill Current Setting.....	8
7. Wiring Notes.....	8
8. Typical Connection.....	8
9. Sequence Chart of Control Signals.....	9
10. Protection Functions.....	9
11. Frequently Asked Questions.....	10
Problem Symptoms and Possible Causes.....	10

## 1. Introductions, Features and Applications

### Introductions

The DM542T is a fully digital stepper drive developed with advanced DSP control algorithm based on the latest motion control technology. It has achieved a unique level of system smoothness, providing optimal torque and nulls mid-range instability. Its motor auto-identification and parameter auto-configuration feature offers quick setup to optimal modes with different motors. Compared with traditional analog drives, DM542T can drive a stepper motor at much lower noise, lower heating, and smoother movement. Its unique features make DM542T an ideal choice for high requirement applications.

### Features

- Anti-Resonance provides optimal torque and nulls mid-range instability
- Motor auto-identification and parameter auto-configuration when power on, offer optimal responses with different motors
- Multi-Stepping allows a low resolution step input to produce a higher microstep output, thus offers smoother motor movement
- 15 selectable microstep resolutions including 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25600, 1000, 2000, 4000, 5000, 8000, 10000, 20000, 25000
- Soft-start with no “jump” when powered on
- Input voltage 20-50VDC
- 8 selectable peak current including 1.00A, 1.46A, 1.91A, 2.37A, 2.84A, 3.31A, 3.76A, 4.20A
- Pulse input frequency up to 200 KHz, TTL compatible and optically isolated input
- Automatic idle-current reduction
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Support PUL/DIR mode
- Over-voltage and over-current protections

### Applications

Suitable for a wide range of stepper motors, size from NEMA17 to 24. It can be used in various kinds of machines, such as X-Y tables, engraving machines, labeling machines, laser cutters, pick-place devices, and so on. Particularly adapt to the applications with low noise, low heating, high speed and high precision.

## 2. Specifications

### Electrical Specifications ( $T_j = 25^\circ\text{C}/77^\circ\text{F}$ )

Parameters	DM542T			
	Min	Typical	Max	Unit
Output Peak Current	1.0	-	4.2 (3.0 RMS)	A
Input Voltage Logic	+20	+36	+50	VDC
Signal Current Pulse	7	10	16	mA
input frequency Pulse	0	-	200	kHz
Width	2.5	-	-	uS
Isolation resistance	500			MΩ

## Operating Environment and other Specifications

Cooling	Natural Cooling or Forced cooling	
Operating Environment	Environment	Avoid dust, oil fog and corrosive gases
	Ambient Temperature	0°C – 65°C
	Humidity	40%RH – 90%RH
	Operating Temperature	-10°C – 45°C
	Vibration	10-50Hz / 0.15mm
Storage Temperature		-20°C – 65°C
Weight	Approx. 210g (7.4oz)	

## Mechanical Specifications (unit: mm [1inch=25.4mm])

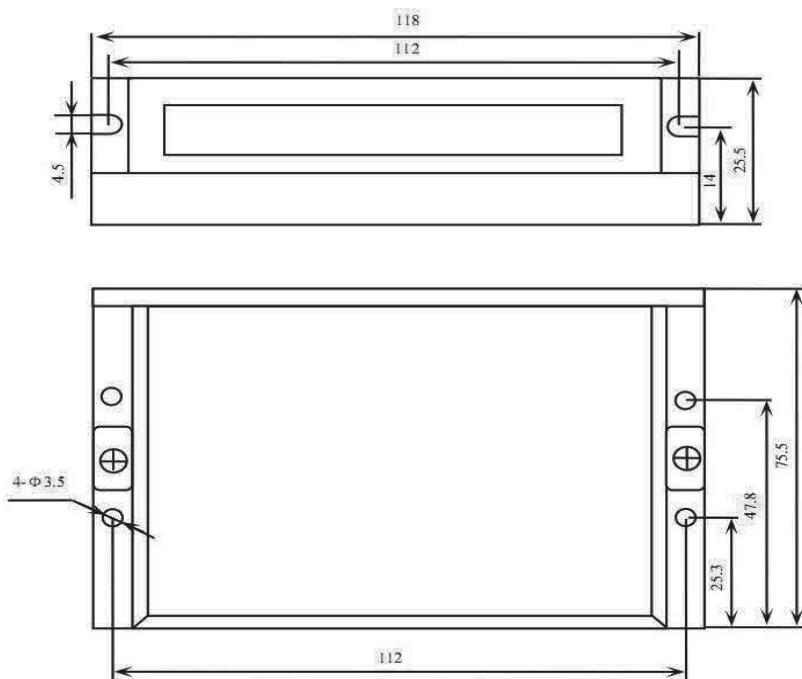


Figure 1: Mechanical specifications

\*Recommend use side mounting for better heat dissipation

## Elimination of Heat

- Drive's reliable working temperature should be <45°C(113 °F), and motor working temperature should be <80°C(176°F);
- It is recommended to use automatic idle-current mode, namely current automatically reduce to 50% when motor stops, so as to reduce drive heating and motor heating;
- It is recommended to mount the drive vertically to maximize heat sink area. Use forced cooling method to cool the system if necessary.

### 3. Pin Assignment and Description

The DM542T has two connectors P1&P2, P1 is for control signals connections, and P2 is for power and motor connections. The following tables are brief descriptions of the two connectors. More detailed descriptions of the pins and related issues are presented in section 4, 5, 9.

#### Connector P1 Configurations

Pin Function	Details
PUL+	<u>Pulse signal:</u> In single pulse (pulse/direction) mode, this input represents pulse signal, each rising edge active; 4-5V when PUL-HIGH, 0-0.5V when PUL-LOW. The DM542T drive has no double pulse mode (pulse/pulse). For reliable response, pulse width should be longer than 2.5μs. Series connect resistors for current-limiting when +12V or +24V used (1K for +12V, 2k for +24V). The same as DIR and ENA signals.
PUL-	
DIR+	<u>DIR signal:</u> In single-pulse mode, this signal has low/high voltage levels, representing two directions of motor rotation; The DM542T drive has no double pulse mode (pulse/pulse). 4-5V when DIR-HIGH, 0-0.5V when DIR-LOW. Please note that rotation direction is also related to motor-drive wiring match. Exchanging the connection of two wires for a coil to the drive will reverse motor direction.
DIR-	
ENA+	<u>Enable signal:</u> This signal is used for enabling/disabling the drive. High level (NPN control signal, PNP and Differential control signals are on the contrary, namely Low level for enabling.) for enabling the drive and low level for disabling the drive. Usually left <b>UNCONNECTED (ENABLED)</b> .
ENA-	

#### Connector P2 Configurations

Pin Function	Details
GND	Power Ground.
+V	Power supply, 20~50 VDC, Including voltage fluctuation and EMF voltage.
A+, A-	Motor Phase A
B+, B-	Motor Phase B

### 4. Control Signal Connector (P1) Interface

The DM542T can accept differential and single-ended inputs (including open-collector and PNP output). The DM542T has 3 optically isolated logic inputs which are located on connector P1 to accept line drive control signals. These inputs are isolated to minimize or eliminate electrical noises coupled with the drive control signals. Recommend using line drive control signals to increase noise immunity for the drive in interference environments. In the following figures, connections to open-collector and PNP signals are illustrated.

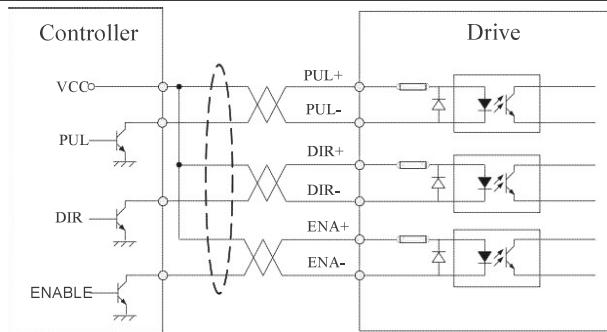


Figure 2: Connections to open-collector signal (common-anode)

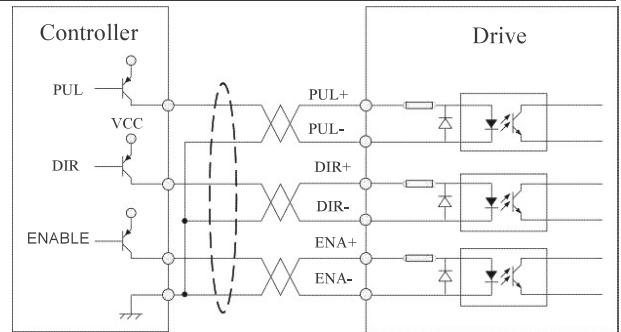


Figure 3: Connections to PNP signal (common-cathode)

### Connections of 4-lead Motor

The 4 lead motors are the least flexible and easy to connect. And the Speed – torque of motor depends on winding inductance. The output current from drive that is multiply the specified phase current by 1.4 to determine the peak output current.

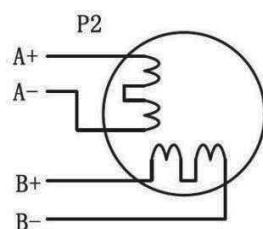


Figure 4: 4-lead Motor Connections

### Connections of 6-lead Motor

Like 8 lead stepping motors, 6 lead motors have two configurations available for high speed or high torque operations. The higher speed configuration, or half coil, is described, because it uses one half of the motor's inductor windings. The higher torque configuration, or full coil, uses the full coil windings.

#### Half Coil Configurations

As previously stated, the half coil configuration uses 50% of the motor phase windings. This gives lower inductance, hence, lower torque output. Like the parallel connection of 8 lead motor, the torque output will be more stable at higher speeds. This configuration is also referred to as half chopper. In setting the drive output current multiply the specified per phase (or unipolar) current rating by 1.4 to determine the peak output current.

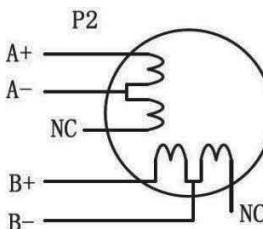


Figure 5: 6-lead motor half coil (higher speed) connections

## Full Coil Configurations

The full coil configuration on a six lead motor should be used in applications where higher torque at lower speed is desired. This configuration is also referred to as full copper. In full coil mode, the motors should be run at only 70% of their rated current to prevent overheating.

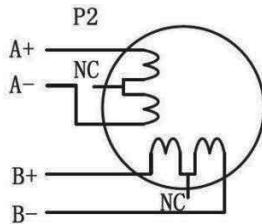


Figure 6: 6-lead motor full coil (higher torque) connections

## Connections of 8-lead Motor

8 lead motors offer a high degree of flexibility to the system designer in that they may be connected in series or parallel, thus satisfying a wide range of applications.

### Series Connections

A series motor configuration would typically be used in applications where a higher torque at lower speed is required. Because this configuration has the most inductance, the performance will start to degrade at higher speed. In series mode, the motors should also be run at only 70% of their rated current to prevent overheating.

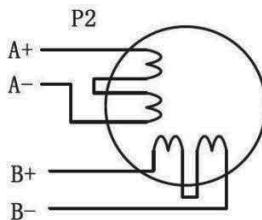


Figure 7: 8-lead motor series connections

### Parallel Connections

An 8 lead motor in a parallel configuration offers a more stable, but lower torque at lower speeds. But because of the lower inductance, there will be higher torque at higher speeds. Multiply the per phase (or unipolar) current rating by 1.96, or the bipolar current rating by 1.4, to determine the peak output current.

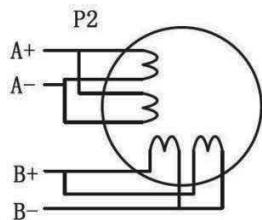


Figure 8: 8-lead motor parallel connections

## 5. Power Supply Selection

The DM542T can match medium and small size stepping motors (frame size from NEMA17 to 34). To achieve good driving performances, it is important to select supply voltage and output current properly. Generally speaking, supply voltage determines the high speed performance of the motor, while output current determines the output torque of the driven motor (particularly at lower speed). Higher supply voltage will allow higher motor speed to be achieved, at the price of more noise and heating. If the motion speed requirement is low, it's better to use lower supply voltage to decrease noise, heating and improve reliability.

### Regulated or Unregulated Power Supply

Both regulated and unregulated power supplies can be used to supply the drive. However, unregulated power supplies are preferred due to their ability to withstand current surge. If regulated power supplies (such as most switching supplies.) are indeed used, it is important to have large current output rating to avoid problems like current clamp, for example using 4A supply for 3A motor-drive operation. On the other hand, if unregulated supply is used, one may use a power supply of lower current rating than that of motor (typically 50% ~ 70% of motor current). The reason is that the drive draws current from the power supply capacitor of the unregulated supply only during the ON duration of the PWM cycle, but not during the OFF duration. Therefore, the average current withdrawn from power supply is considerably less than motor current. For example, two 3A motors can be well supplied by one power supply of 4A rating.

### Multiple Drives

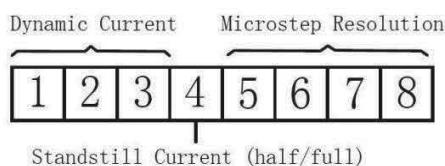
It is recommended to have multiple drives to share one power supply to reduce cost, if the supply has enough capacity. To avoid cross interference, DO NOT daisy-chain the power supply input pins of the drives. (Instead, please connect them to power supply separately.)

### Selecting Supply Voltage

The power MOSFETS inside the DM542T can actually operate within +20 ~ +50VDC, including power input fluctuation and back EMF voltage generated by motor coils during motor shaft deceleration. Higher supply voltage can increase motor torque at higher speeds, thus helpful for avoiding losing steps. However, higher voltage may cause bigger motor vibration at lower speed, and it may also cause over-voltage protection or even drive damage. Therefore, it is suggested to choose only sufficiently high supply voltage for intended applications, and it is suggested to use power supplies with theoretical output voltage of +20 ~ +45VDC, leaving room for power fluctuation and back-EMF.

## 6. Selecting Microstep Resolution and drive Output Current

This drive uses an 8-bit DIP switch to set microstep resolution, and motor operating current, as shown below:



### Microstep Resolution Selection

Microstep resolution is set by SW5, 6, 7, 8 of the DIP switches as shown in the following table:

Microstep	Steps/rev.(for 1.8°motor)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	OFF	ON	ON	ON
4	800	ON	OFF	ON	ON
8	1600	OFF	OFF	ON	ON
16	3200	ON	ON	OFF	ON
32	6400	OFF	ON	OFF	ON
64	12800	ON	OFF	OFF	ON
128	25600	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF
20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
125	25000	OFF	OFF	OFF	OFF

## Current Settings

For a given motor, higher drive current will make the motor to output more torque, but at the same time causes more heating in the motor and drive. Therefore, output current is generally set to be such that the motor will not overheat for long time operation. Since parallel and serial connections of motor coils will significantly change resulting inductance and resistance, it is therefore important to set drive output current depending on motor phase current, motor leads and connection methods. Phase current rating supplied by motor manufacturer is important in selecting drive current, however the selection also depends on leads and connections.

The first three bits (SW1, 2, 3) of the DIP switch are used to set the dynamic current. Select a setting closest to your motor's required current.

## Dynamic Current Setting

Peak Current	RMS Current	SW1	SW2	SW3
1.00A	0.71A	ON	ON	ON
1.46A	1.04A	OFF	ON	ON
1.91A	1.36A	ON	OFF	ON
2.37A	1.69A	OFF	OFF	ON
2.84A	2.03A	ON	ON	OFF
3.31A	2.36A	OFF	ON	OFF
3.76A	2.69A	ON	OFF	OFF
4.20A	3.00A	OFF	OFF	OFF

**Notes:** Due to motor inductance, the actual current in the coil may be smaller than the dynamic current setting, particularly under high speed condition.

## Standstill Current Setting

SW4 is used for this purpose. OFF meaning that the standstill current is set to be half of the selected dynamic current, and ON meaning that standstill current is set to be the same as the selected dynamic current.

The current automatically reduced to 50% of the selected dynamic current 0.4 second after the last pulse.

## Motor auto-identification and parameter auto-configuration

The drive will operate the function of motor auto-identification and parameter auto-configuration when power on, and calculate the optimal parameter using for current control after this processing, then the stepper motor can output optimal torque.

## 7. Wiring Notes

- In order to improve anti-interference performance of the drive, it is recommended to use twisted pair shield cable.
- To prevent noise incurred in PUL/DIR signal, pulse/direction signal wires and motor wires should not be tied up together. It is better to separate them by at least 10 cm, otherwise the disturbing signals generated by motor will easily disturb pulse direction signals, causing motor position error, system instability and other failures.
- If a power supply serves several drives, separately connecting the drives is recommended instead of daisy-chaining.
- It is prohibited to pull and plug connector P2 while the drive is powered ON, because there is high current flowing through motor coils (even when motor is at standstill). Pulling or plugging connector P2 with power on will cause extremely high back-EMF voltage surge, which may damage the drive.

## 8. Typical Connection

A complete stepping system should include stepping motor, stepping drive, power supply and controller (pulse generator). A typical connection is shown as figure 9.

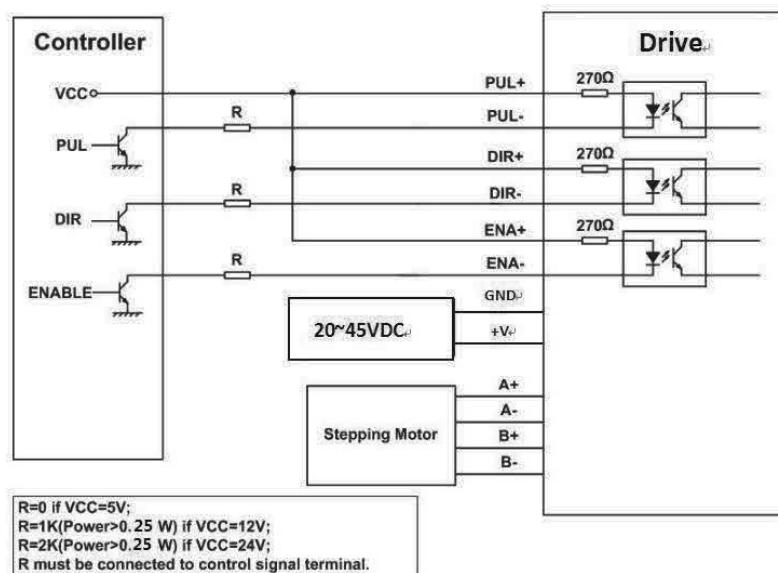


Figure 9: Typical connection

## 9. Sequence Chart of Control Signals

In order to avoid some fault operations and deviations, PUL, DIR and ENA should abide by some rules, shown as following diagram:

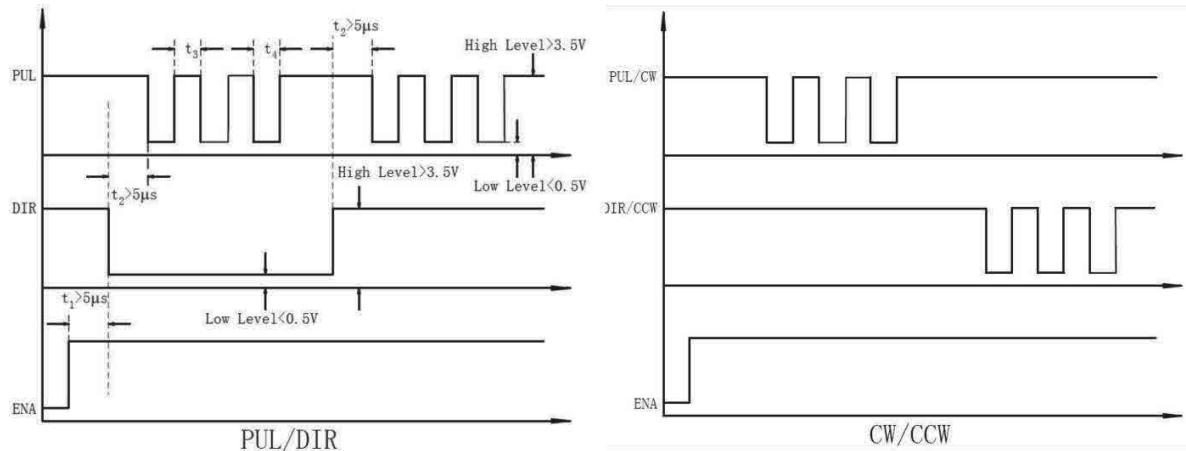


Figure 10: Sequence chart of control signals

### Remark:

- a) t1: ENA must be ahead of DIR by at least  $5\mu s$ . Usually, ENA+ and ENA- are NC (not connected). See “Connector P1 Configurations” for more information.
- b) t2: DIR must be ahead of PUL effective edge by  $5\mu s$  to ensure correct direction;
- c) t3: Pulse width not less than  $2.5\mu s$ ;
- d) t4: Low level width not less than  $2.5\mu s$ .

## 10. Protection Functions

To improve reliability, the drive incorporates some built-in protections features.

Priority	Time(s) of Blink	Sequence wave of red LED	Description
1st	1		Over-current protection activated when peak current exceeds the limit.
2nd	2		Over-voltage protection activated when drive working voltage is greater than 60VDC

When above protections are active, the motor shaft will be free or the red LED blinks. Reset the drive by repowering it to make it function properly after removing above problems.

## 11.Frequently Asked Questions

In the event that your drive doesn't operate properly, the first step is to identify whether the problem is electrical or mechanical in nature. The next step is to isolate the system component that is causing the problem. As part of this process you may have to disconnect the individual components that make up your system and verify that they operate independently. It is important to document each step in the troubleshooting process. You may need this documentation to refer back to at a later date, and these details will greatly assist our Technical Support staff in determining the problem should you need assistance.

Many of the problems that affect motion control systems can be traced to electrical noise, controller software errors, or mistake in wiring.

### Problem Symptoms and Possible Causes

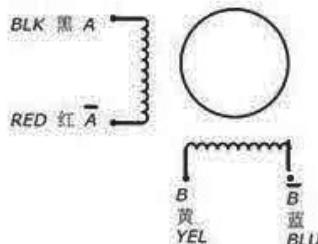
Symptoms	Possible Problems
<b>Motor is not rotating</b>	No power Microstep resolution setting is wrong DIP switch current setting is wrong Fault condition exists The drive is disabled
<b>Motor rotates in the wrong direction</b>	Motor phases may be connected in reverse
<b>The drive in fault</b>	DIP switch current setting is wrong Something wrong with motor coil Control signal is too weak Control signal is interfered
<b>Erratic motor motion</b>	Wrong motor connection Something wrong with motor coil Current setting is too small, losing steps
<b>Motor stalls during acceleration</b>	Current setting is too small Motor is undersized for the application Acceleration is set too high Power supply voltage too low
<b>Excessive motor and drive heating</b>	Inadequate heat sinking / cooling Automatic current reduction function not being utilized Current is set too high

# Closed-Loop Stepper Motor 23SSM



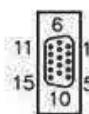
Series Model	Step Angle (°)	Motor Length (mm)	Rated Voltage (V)	Rated Current (A)	Phase Resistance (Ω)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm)	Detent Torque (N.cm Max)
23SSM6440-EC1000	1.8	77	1.6	4	0.4	1.2	1.1	4
23SSM8440-EC1000	1.8	101	2.4	4	0.6	2.5	2.1	6.8
23SSM2440-EC1000	1.8	133	3.6	4	0.9	3.8	2.8	12

电机接线图:



引出线规格: AWG18 1332/4C

编码器接线图:



1	A-	黑BLK
2	B-	黄YEL
3	GND	白WHT
11	A+	蓝BLU
12	B+	绿GRN
13	VCC	红RED

编码器规格: 1000线

---

Product link : <https://www.act-motor.com/closed-loop-stepper-motor-23ssm-product/>

---

# Closed-Loop Stepper Driver HBS57



Changzhou ACT Motor Co., Ltd

HBS

Hybrid Step Servo Motor Driver

HBS57

MicroSteps Setting:200~51200 DC : 24~60V

Products Image



Overview

- Without losing step, High accuracy in positioning.
- Accelerate and decelerate control inside, Great improvement in smoothness of starting or stopping the motor.
- Small vibration, Smooth and reliable moving at low speed.
- The optocoupler isolates the differential signal input.
- Over current, over voltage and over position error protection.
- The impulse response frequency can reach up to 200KHz.
- Subdivision Settings (within 200~51200).

Features

Input voltage	24~60VDC
Output current	4.5A
Pulse frequency	0~200KHz
MicroSteps	16 MicroSteps
Signal current	7~20mA
Using environment	0 ~ 70 °C, avoid dust and corrosive gas
Storage environment	-20~+80°C , avoid direct sunlight
Heavy volume	280g ( Does not contain the packaging )

Generally speaking, the power supply voltage is a little higher, and the motor's high-speed performance will be relatively low when the power supply voltage is good. It is suggested that the normal operating speed range is 36V above power supply for high-speed operation.

Encoder signal		
Symbol	Name	Wiring color
PB+	Encoder phase B +	Green
PB-	Encoder phase B -	Yellow
PA+	Encoder phase A +	Blue
PA-	Encoder phase A -	BLACK
+5V	Encoder power	Red (+5V)
GND	Encoder power ground	White (0V)

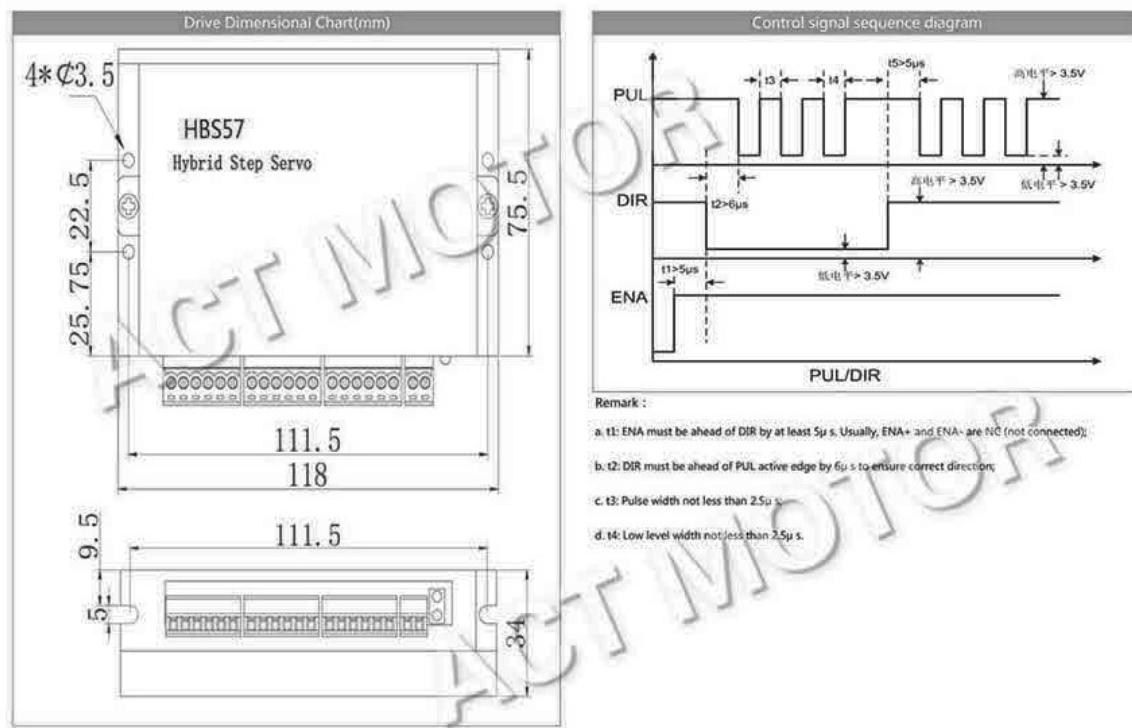
Motor and power		
Symbol	Name	Remark
A+	Phase A +	Black
A-	Phase A -	Red
B+	Phase B +	Yellow
B-	Phase B -	Blue
+V	Input Power +	+24V~60V
GND	Input Power -	0V

Control Signal		
Symbol	Name	Remark
PUL+	Pulse signal +	/
PUL-	Pulse signal -	/
DIR+	Direction signal +	/
DIR-	Direction signal -	/
ENA+	Enable signal +	Only connected when used
ENA-	Enable signal -	Only connected when used

ALM Signal		
Symbol	Name	Remark
ALM+	Positive alarm signal	Only connected when used
ALM-	Negative alarm signal	Only connected when used

Tel: 0519-81189628/81189728 Fax: 0519-81189528 Address: No. 1 Zhengda Road, Jingkai District, Changzhou City, Jiangsu Province Post Code: 213025  
Web:<http://www.act-motor.com>

Changzhou ACT Motor Co., Ltd



Tel: 0519-81189628/81189728 Fax: 0519-81189528 Address: No. 1 Zhengda Road, Jingkai District, Changzhou City, Jiangsu Province Post Code: 213025  
Web:<http://www.act-motor.com>

Product link : <https://www.act-motor.com/closed-loop-stepper-driver-hbs57-product/>

4

3

2

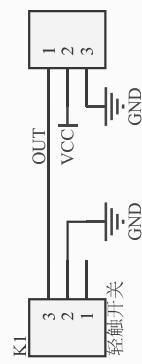
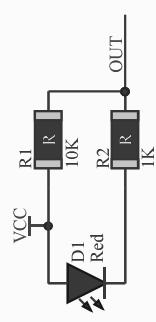
1

A

B

C

D



A

B

C

D

Title

Size A4	Number	Revision
Date: 2017/8/12		
File: F:\2017\7\VM\327\继电器.SchDoc	Sheet of 1	Drawn By:

4

3

2

1