Integrator Information
V2.10.0-pre0-4766-g7eeafadbd1

Inhaltsverzeichnis

1 Stepper-Informationen **1**
1.1 Schrittmotorbetrieb . . . 1
1.2 Auswahl einer Stepper-Stromversorgung . . . 3
1.3 Resonanz . . . 4
1.4 Mikroschritte (engl. microstepping) . . . 4
1.5 Offener und geschlossener Regelkreis (engl. open and closed loop) . . . 5

2 Schrittmotor-Timing **7**

3 Beste Verdrahtungspraktiken **14**
3.1 Elektrisches Rauschen . . . 14
3.2 Masse, Erde und ”Common” . . . 14
3.3 Auswahl und Verwendung von Drähten . . . 14
3.3.1 Einzelleiter-Draht . . . 15
3.3.2 Abgeschirmtes Kabel . . . 15
3.4 AC-Netzspannung . . . 16
3.5 Netzteile . . . 16
3.5.1 AC-Erde . . . 16
3.5.2 Geteilter Gleichstrom . . . 17
3.6 Gleichstrom (engl. DC)-Einspeisungen . . . 17
3.7 Signalleitungen und Steuerleitungen . . . 17
3.8 Schritt- oder Servomotor-Treiber . . . 18
3.9 Frequenzumrichter . . . 18
3.10 Verlegung von Leitern . . . 18
3.10.1 Verlegung beweglicher Drähte . . . 18
3.10.2 Verlegung stationärer Drähte . . . 19
3.11 Mechanisches Rauschen . . . 19
3.11.1 Hardware Entprellung (engl. debouncing) . . . 19
3.11.2 Software-Debouncing . . . 20
3.12 Dokumentation . . . 20
3.12.1 Hardware-Dokumentation . . . 20
3.12.2 Schaltpläne . . . 20
3.12.3 Identifizierung der Verdrahtung . . . 20

Kapitel 1

Stepper-Informationen

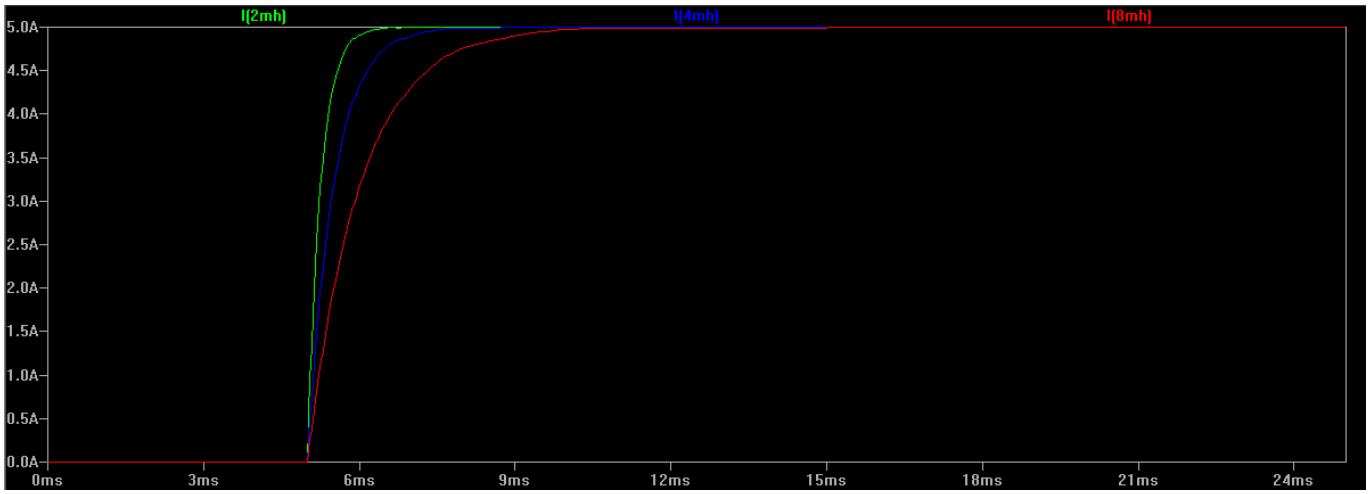
1.1 Schrittmotorbetrieb

Schrittmotoren arbeiten durch sequentielles Ein- und Ausschalten mehrerer Spulen, die den Rotor umgeben, so dass die Welle magnetisch gezwungen wird, sich in diskreten Schritten zu drehen. Schritte von 0,9 bis 1,8 Grad sind durchaus üblich, was 400 bis 200 Schritte pro voller Umdrehung der Welle ergibt.

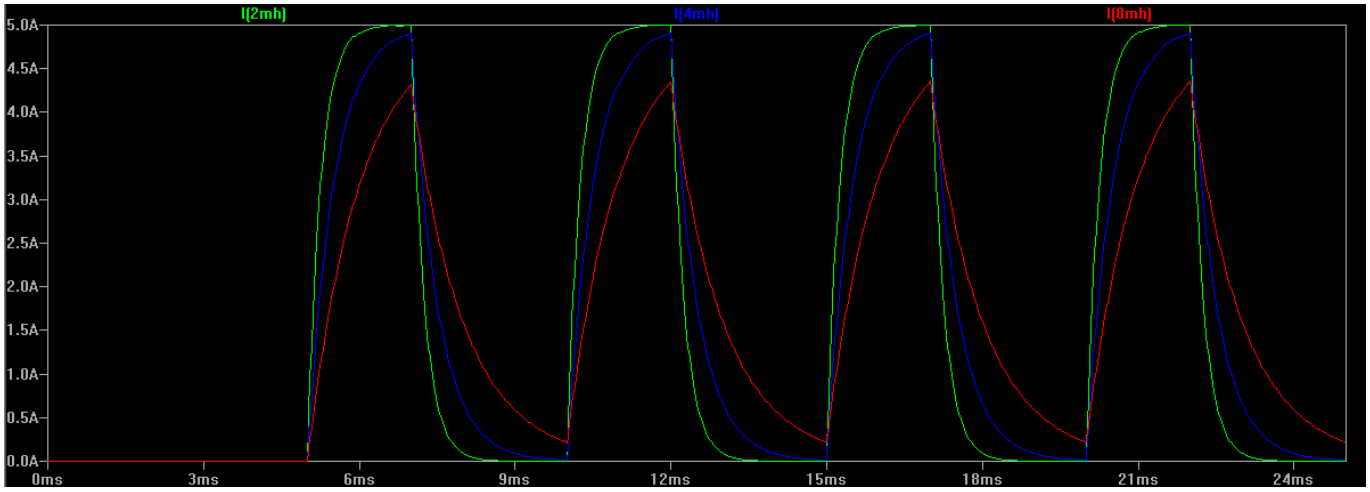
Wie im wirklichen Leben kann nichts ohne Zeitverzögerung von einem Zustand in einen anderen übergehen. Im Fall des Schrittmotors braucht der Strom, der durch die einzelnen Spulen fließt, und damit das Magnetfeld, das den Rotor zu jedem Drehschritt antreibt, eine gewisse Zeit, um wirksam zu werden. Das liegt daran, dass die Spule eine Induktivität hat (ausgedrückt in Henries, abgekürzt mit dem Buchstaben H), die eine natürliche Tendenz hat, dem Fluss eines sich schnell ändernden Stroms zu widerstehen. Eine größere Spuleninduktivität führt zu einer langsameren Stromänderung und somit zu einer langsameren Ausdehnung und Kontraktion des Magnetfelds.

Das maximale Drehmoment, das ein Schrittmotor erreichen kann, liegt vor, wenn der Motor mit einer erregten Wicklung stillsteht. Dieser Wert kann auf dem Datenblatt eines Schrittmotors als ”Haltemoment” angegeben sein. Je schneller jede Spule ein- und ausgeschaltet wird, um die Welle in Drehung zu versetzen, desto kürzer ist die Zeit, in der jede Spule ihre volle magnetische Anziehungskraft auf den Rotor ausüben kann, wodurch sich das Gesamtdrehmoment verringert. Diese Beziehung zwischen Drehzahl und Drehmoment ist weitgehend umgekehrt proportional.

Im folgenden Beispiel wird die Ladezeit für drei Spulen angezeigt, wenn die angelegte Spannung von 0 V auf 40 V abgestuft wird. Während alle drei Spulen leicht die volle Stromgrenze von 5 Ampere (A) erreichen können, variiert die benötigte Zeit für jede Spule. Die 4-Milli-Henry-Spule (mH) (blaue Spur) benötigt doppelt so lange, um den vollen Strom zu erreichen, als die 2-mH-Spule (grüne Spur), und die 8-mH-Spule (rote Spur) benötigt wieder doppelt so lange:

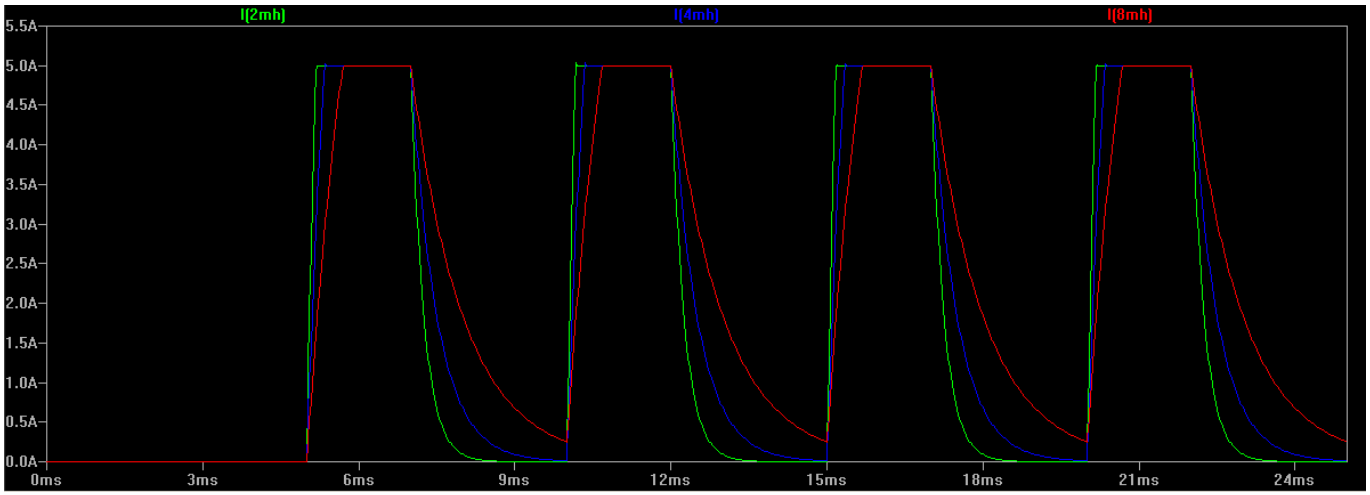


Wenn die Geschwindigkeit, mit der die Sprünge an die Spulen angelegt werden, deutlich kürzer ist als die Anstiegszeit, ist es leicht zu erkennen, dass die Wicklung weniger Zeit hat, die volle magnetische Anziehungskraft auf den Rotor zu erreichen, und somit wird das maximale Drehmoment eingeschränkt. Im folgenden Beispiel kann die 2 mH-Spule die volle 5 A-Grenze erreichen, bevor die Schrittspannung entfernt wird, die 4 mH- und 8 mH-Spulen jedoch nicht:



Die gängige Methode zur Verbesserung der Motordrehzahl bei gleichbleibendem Drehmoment besteht darin, die Geschwindigkeit zu erhöhen, mit der sich das Magnetfeld der Motorspulen ausdehnen und zusammenziehen kann. Der einfachste Weg, dies zu erreichen, besteht darin, die Versorgungsspannung zu erhöhen, um den Strom in jeder Wicklung zu zwingen, viel schneller anzusteigen und abzufallen. Eine schnellere Magnetisierungszeit führt zu schnelleren Schrittgeschwindigkeiten und verbessert das Drehmoment bei höheren Geschwindigkeiten, was in einem CNC-System natürlich wünschenswert ist.

Wenn man dasselbe Beispiel wie oben verwendet, aber die Schrittspannung auf 80 V erhöht, kann man sehen, dass alle drei Spulen jetzt ganz leicht das Maximum von 5 A erreichen können:



Eine höhere Antriebsspannung muss jedoch sorgfältig gehandhabt werden, da eine höhere Spannung den Stromfluss in jeder Spule erhöht, was zu einem entsprechenden Temperaturanstieg der Wicklung führt. Ein übermäßiger Temperaturanstieg in der Wicklung führt schließlich zu einer Überhitzung und zum Ausfall des Motors.

In den meisten schrittmotorbasierten CNC-Systemen ist die Spannung der Stromversorgung für den Schrittmotor-Treiber um mehrere Größenordnungen höher als die Spannung des Motors selbst. Ein typischer NEMA23-Schrittmotor hat vielleicht nur eine Nennspannung von ein paar Volt, aber die Stromversorgung und der Treiber können mit 48 VDC oder mehr betrieben werden.

Fast alle modernen Schrittmotortreiber auf dem Markt sind heute Konstantstrom-Typen. Das heißt, der Strom, der an jede Wicklung angelegt wird, ist fest, unabhängig davon, wie viel Spannung angelegt wird. Die meisten Treiber erreichen dies, indem sie den Strom, der durch die Motorwicklungen fließt, überwachen und die Ausgänge mit einer sehr hohen Frequenz schnell ein- und ausschalten, um diesen Strom beizubehalten. Je nach den verwendeten Treibern kann es sogar möglich sein, dieses hochfrequente Pfeifen in den Motoren selbst zu hören, wenn diese stillstehen. Da die Spannung schnell ein- und ausgeschaltet wird, um den Wicklungsstrom auf einem annähernd festen Wert zu halten, werden diese Arten von Treibern auch als ”Chopper-Drive” bezeichnet.

1.2 Auswahl einer Stepper-Stromversorgung

Eine höhere Spannung steht zwar in direktem Zusammenhang mit einer höheren Geschwindigkeit und einem höheren Drehmoment, aber es gibt natürlich eine Grenze, ab der eine höhere Versorgungsspannung nicht mehr von Vorteil ist. Die erste Grenze für die maximale Versorgungsspannung ist wahrscheinlich diejenige, die der Schrittschalttreiber selbst aushalten kann. Dieser Wert sollte im Datenblatt des Steppertreibers angegeben sein, und ein Überschreiten dieser Spannung führt zur Zerstörung des Treibers. Idealerweise sollte die Versorgungsspannung so gewählt werden, dass diese maximale Spannung um etwa 10 % unterschritten wird. Wenn z.B. ein Schrittschalttreiber eine V_{max} von 80 VDC hat, sollte die maximale Versorgungsspannung auf 72 VDC begrenzt werden.

Wie bereits erwähnt, führt eine zu hohe Motorversorgungsspannung auch zu einem übermäßigen Wärmeanstieg in den Motorwicklungen, was schließlich zu einem Ausfall des Motors durch Überhitzung führen kann. Eine häufig verwendete Gleichung zur Bestimmung der maximalen Spannung, um einen übermäßigen Wärmeanstieg zu vermeiden, ist die Quadratwurzel der im Motordatenblatt angegebenen Wicklungsinduktivität (ausgedrückt in Mill-Henry) und multipliziert mit 32. Wählt man zum Beispiel einen Schrittmotor mit einer Spuleninduktivität von 4 mH, so ergibt sich eine maximale Versorgungsspannung von 32 x SQRT (4) = 64 VDC.

In vielen Schrittmotordatenblättern finden sich auch Drehzahl-Drehmoment-Kurven, die oft für verschiedene Versorgungsspannungen aufgezeichnet sind. Bei der Betrachtung der Diagramme kann

man feststellen, dass eine Erhöhung der Versorgungsspannung um den Faktor zwei nicht zu einer entsprechenden Verbesserung von Drehzahl/Drehmoment im gleichen Maße führt. Wenn der Betrieb eines Schrittmotors mit 64 VDC wenig bringt, kann dies dazu beitragen, die vorgeschlagene Versorgungsspannung auf 32 VDC zu beschränken, was auch dazu beiträgt, die übermäßige Erwärmung der Motorwicklungen zu minimieren.

Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist die Stromstärke des Netzteils. Dieser Wert ergibt sich aus dem Nennstrom der Motorwicklung und daraus, ob die Motorwicklungen in Reihe oder parallel geschaltet sind; beide Angaben sollten im Datenblatt des Motors aufgeführt sein. Eine gute Faustregel ist, den Nennstrom der Stromversorgung auf 2/3 des Phasennennstroms des Schrittmotors zu bemessen, wenn die Wicklungen parallel geschaltet sind, oder auf 1/3 des Nennstroms, wenn sie in Reihe geschaltet sind. Für einen parallel geschalteten Schrittmotor mit einem Nennstrom von 4 A muss die Stromversorgung also mindestens 2,7 A bzw. 1,3 A bei einer Reihenschaltung betragen. Der Gesamtnennstrom des gesamten Systems ergibt sich dann aus der Summe der Stromanforderungen aller Schrittmotoren.

1.3 Resonanz

Motorresonanz tritt auf, wenn die Geschwindigkeit, mit der die Schritte an die Wicklungen angelegt werden, der Eigenfrequenz des Motors selbst entspricht. Wenn die Schritte über einen längeren Zeitraum mit dieser Rate angelegt werden, fällt das Drehmoment drastisch ab, und der Motor kann zum Stillstand kommen oder sich sogar in beliebige Richtungen drehen. Einige Schrittmotor-Datenblätter enthalten Diagramme des Verhältnisses zwischen Drehmoment und Drehzahl und zeigen eine Senke im Diagramm, in der wahrscheinlich eine Resonanz auftritt. Es ist zu beachten, dass diese im Datenblatt angegebene Resonanzspitze nur für den Motor selbst gilt - sobald der Motor mit anderen Komponenten gekoppelt ist (z. B. in einem CNC-System), kann sich die Resonanzfrequenz ändern oder es können sogar mehrere neue Resonanzen auftreten.

Es gibt mehrere Methoden, um die Auswirkungen der Resonanz zu kontrollieren, alle mit unterschiedlichem Grad an Komplexität, Wirksamkeit und Nebenwirkungen:

- Der Mikroschrittbetrieb kann zur Verringerung der Resonanz beitragen, indem zwischen den einzelnen Schritten kleinere Stromsprünge verwendet werden. Diese kleineren Stromsprünge verursachen ein geringeres Klingeln im Motor und in den Wicklungen und somit eine geringere Erregung am Resonanzpunkt.
- Eine sehr einfache Methode zur Verringerung der Resonanz ist es, den Motor nie über einen längeren Zeitraum mit einer bestimmten Frequenz zu betreiben, sondern immer über die Resonanzspitze zu beschleunigen oder abzubremsen.
- Eine Erhöhung der Trägheitslast dämpft unerwünschte Resonanzen auf Kosten eines gewissen Drehmoments und möglicherweise einer gewissen Genauigkeit. Es können elastomere Motorlager, Wellenkupplungen oder Lagerhalterungen verwendet werden.
- Fortschrittlichere Schrittmotorantriebe können zwischen verschiedenen Schrittmodi umschalten, so dass die Resonanzspitze bei bestimmten Betriebsgeschwindigkeiten verwaltet wird. Es gibt auch Systeme, bei denen die Wicklungen elektrisch belastet werden, was eine ähnliche Wirkung wie die oben beschriebene mechanische Dämpfung hat.

1.4 Mikroschritte (engl. microstepping)

Ein Schrittmotor, bei dem jede Wicklung sequentiell voll erregt wird, arbeitet im Vollschrittmodus. Das heißt, die maximal mögliche Drehungsauflösung für diesen Motor entspricht der Anzahl ganzer Schritte, für die der Motor hergestellt wurde (z. B. 200 Schritte pro Umdrehung für einen Motor mit

1,8 Grad/Schritt). Wenn jede Wicklung erregt wird, taktet der Rotor vollständig von einer Raste zur nächsten.

Eine zusätzliche Rotationsauflösung eines Schrittmotors kann durch Mikroschrittbetrieb erreicht werden, wobei der in jede Wicklung fließende Strom im Wesentlichen in diskreten Zwischenschritten ”gerafft” werden kann. Dies führt dann dazu, dass der Rotor allmählich jede Drehung überbrückt, anstatt den vollen Sprung von einem Schritt zum nächsten zu machen.

Das Mikroschrittverfahren wird in der Regel in Vielfachen von 2 (4x, 8x, 16x, 32x usw.) durchgeführt. Ein Antrieb, der auf 4-fachen Mikroschrittbetrieb eingestellt ist, teilt beispielsweise jeden Schritt in vier diskrete Stromstufen in den Motorwicklungen auf, was eine Verbesserung der Rotationsauflösung um den Faktor vier bedeutet. Dies bedeutet natürlich, dass für eine typische Schritt-/Richtungssteuerungssch viermal so viele Schrittimpulse erzeugt werden müssen, damit sich der Motor um denselben Betrag bewegt, wenn er im Vollschrittmodus betrieben wird. Damit sich der Motor mit der gleichen Geschwindigkeit dreht, muss auch die Rate, mit der die Impulse an den Antrieb angelegt werden, viermal so schnell sein.

Bei niedrigen Drehzahlen führt der Mikroschrittbetrieb sogar zu einem etwas höheren Drehmoment als der Vollschrittbetrieb. Dies ist auf die geringeren Stromänderungen zwischen den Zwischenschritten zurückzuführen, die dazu führen, dass weniger Energie zur Erregung von Eigenresonanzen im Motor verschwendet wird. Mit zunehmender Drehzahl nimmt das Drehmoment jedoch in ähnlicher Weise ab wie beim Vollschrittbetrieb.

Die weitere Erhöhung des Mikroschrittgrades führt jedoch irgendwann zu einigen Einschränkungen in der Praxis. Die Erzeugung von Schrittimpulsen, insbesondere bei Verwendung des Parallelanschlusses, ist in ihrer Frequenz begrenzt. Dies führt zwangsläufig zu einer Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit, mit der ein Frequenzumrichter gesteuert werden kann. Bei einem hohen Grad an Mikroschrittbetrieb führt dies zu einer unannehmbar langsamen Drehzahl des Motors.

Übermäßig hohe Mikroschrittraten haben keinen wirklichen Nutzen, wenn die resultierende Genauigkeit zu gering ist, um mechanisch nützlich zu sein. Ein Motor mit 1,8 Grad pro Schritt und 16-facher Mikroschrittgeschwindigkeit kann theoretisch 0,1125 Grad pro Schritt erreichen. In Verbindung mit einer 20-TPI-Leitspindel sollte dies zu einer Positionsauflösung von 0,000016” oder 0,0004 mm führen. In der Realität ist es unglaublich schwierig, eine so feine Steuerung zu erreichen. Alle Komponenten des CNC-Systems weisen Toleranzen und Gegenkräfte auf (Spiel in den Leitspindeln, Biegung in den Portalen, Rundlauf in der Spindel und im Schneidwerkzeug, Haftreibung im Schrittmotor selbst, Fehler in der Schrittmotorrastung usw.), die solche geringen Auflösungen völlig bedeutungslos machen. In der Praxis hat der Mikroschrittbetrieb mit Geschwindigkeiten von mehr als dem 4- oder 8-fachen auf einer CNC-Maschine mit Leitspindeln wenig Sinn. In einigen Fällen kann es sogar vorteilhafter sein, mit niedrigeren Mikroschrittraten oder sogar Vollschritten zu arbeiten und den Schrittmotor über ein Untersetzungsgetriebe zu betreiben, um die erforderliche Auflösung und Drehmomentsteigerung zu erreichen.

1.5 Offener und geschlossener Regelkreis (engl. open and closed loop)

In den einfachsten CNC-Systemen, die Schrittmotoren verwenden, erhält der Host-Computer und/oder der Schrittmotor-Treiber keine Rückmeldung vom Motor, dass er das gewünschte Ergebnis erreicht hat, wenn er den Befehl erhält, mit dem Schrittbetrieb zu beginnen. Die Software, der Treiber und der Endbenutzer gehen davon aus, dass der Motor korrekt arbeitet und die Achse die erwartete neue Position erreicht hat. Ein System, das auf diese Weise arbeitet, wird als ”offener Regelkreis” bezeichnet, bei dem das Gerät am Ende der Signalkette (der Schrittmotor) dem Gerät am Anfang der Kette (dem Computer) nicht mitteilt, dass das Ziel erreicht wurde.

Eine weitere Verbesserung des Schrittmotors besteht darin, das System in einem ”geschlossenen Kreislauf” zu betreiben. Dies wird erreicht, indem der Schrittmotor mit einem Drehgeber ausgestattet wird, dessen Positionssignal an ein Gerät weiter oben in der Signalkette zurückgegeben wird. Auf

diese Weise kann die tatsächliche Position des Motors jederzeit mit der erwarteten Position verglichen und die Antriebsparameter in Echtzeit angepasst werden, um sicherzustellen, dass der Motor nicht zurückbleibt. Auf diese Weise können Steppersysteme mit geschlossenem Regelkreis eine bessere Geschwindigkeits- und Drehmomentleistung erzielen als Systeme mit offenem Regelkreis, da das System jede Abweichung von der Leistung des Steppers bei wechselnden Lasten ständig ausgleicht.

Basissysteme, die auf diese Weise arbeiten, können nur die Schleife zwischen dem Motor und dem Treiber schließen und die Software auf dem Host-Computer aus der Schleife herauslassen. Die Software gibt Schritt-/Richtungsimpulse an den nachgeschalteten Treiber aus, wie sie es normalerweise bei einem Betrieb im offenen Regelkreis tun würde. In diesen Fällen verfügen die Treiber in der Regel über einen Alarmausgang der Software signalisieren, dass sie anhalten soll, wenn die auf den Schrittmotor ausgeübte Last zu groß wird, als dass der Treiber sie ohne Schrittverlust ausgleichen könnte.

Fortschrittlichere Implementierungen des Closed-Loop-Betriebs bringen das Encodersignal den ganzen Weg zurück zum Host-Computer, erfordern aber einen viel höheren Hardware- und Software-Overhead, um das Encoder-Feedback und die Berechnung und Bereitstellung der Antriebskompensation zu verwalten.

Kapitel 2

Schrittmotor-Timing

Diese Seite befasst sich mit der Schritt- und Richtungssteuerung von Schrittmotoren.

Bitte ergänzen Sie diese Liste im Format des Stepconf-Assistenten und in Nanosekunden, damit sie einheitlich ist.

Einige Boards haben bekannte Probleme, siehe die Seite Hardware-Fehlerbehebung

Wenn Sie sich unsicher sind, was Ihr Timing angeht, fangen Sie mit einem hohen Wert an, z. B. 10000 für jeden und testen Sie. Deshalb müssen Sie die Timings für eine Treiberplatine kennen, nicht nur den Schrittübersetzer-Chip, der enthalten ist.

Beachten Sie auch, dass einige Controller auf die fallende Kante treten, einige auf die steigende Kante. Dies ist wichtig, da es das Timing ändert und schwer zu verfolgen sein wird. Stellen Sie sicher, dass LinuxCNC dem entspricht, was der Controller erwartet.

Hinweis 1: Steht ein Sternchen vor dem Namen, sind die Werte nicht bestätigt. Wenn Sie die Werte bestätigen können, tun Sie dies bitte…

Die Zeiten sind in Nanosekunden (ns) angegeben. Multiplizieren Sie Mikrosekunden (us) mit 1000, um Nanosekunden (ns) zu erhalten.

Hersteller	**Modell**	**Schrittzeit**	**Schwittwerte**	**Richtung Halten**	**Richtungsstepse**	**Stellung on**	**Datenblatt**	
Chinese Blue Boards	TB6560 CNC-Schrittmotor-Treiber Steuer-platine	150000	150000	150000	150000	Fallende Flanke	https://hyu68.com/-cp8.htm	
Gecko	201	500	4000	20000	1000	Fallende Flanke	https://www.geckodrive.com support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g201-rev-16.html	

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerk	Richtung Halten	Richtungssetup	Stepstellung	Datenblatt	
Gecko	202	500	4500	20000	1000	Fallende Flanke	https://www.geckodrive.com/support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g202-rev-15.html	
Gecko	203v	1000	2000	200	200	Steigende Flanke	https://www.geckodrive.com/support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g203v-rev-7.html	
Gecko	201x	500	3000	20000	1000	Fallende Flanke	https://www.geckodrive.com/support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g201-rev-16.html	
Gecko	212	500	4000	20000	1000	Fallende Flanke	https://www.geckodrive.com/support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g212-rev-15.html	
Gecko	213v	2000	1000	200	200	Steigende Flanke	https://www.geckodrive.com/support/-motor-control-manuals/-stepper-drives/-g213v-rev-7.html	

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerte	Richtung Halten	Richtungsstrecke	Stepstellung	Datenblatt
Gecko	320	3500	500	200	200	Steigende Flanke	https://www.geckodrive.com support/-motor-control-manuals/-dc-servo-drives/-g320-rev-7.html
Gecko	320x	1000	2500	200	200	Steigende Flanke	https://www.geckodrive.com support/-motor-control-manuals/-dc-servo-drives/-g320x-rev-10.html
Granite Devices	VSD-E/XE Evolution	125	125	125	125	Steigende Flanke	https://granitedevices.fi/-assets/-files/-vsd-e_160_manual.pdf
Granite Devices	VSD-E/XE DualDC	150	1850	150	800	Steigende Flanke	https://granitedevices.fi/-assets/-files/-vsd-e_160_dualdc_manual.pdf
JVL	SMD41	500	500	2500	2500	Steigende Flanke	https://www.jvl.dk/-files/-pdf/-lb043gb.pdf
JVL	SMD42	500	500	2500	2500	Steigende Flanke	https://www.jvl.dk/-files/-pdf/-lb043gb.pdf
Linistepper Open Source	RULMS1	30000	100000	4000	4000	Steigende Flanke	https://www.piclist.com/-techref/-io/-stepper/-linistep/-index.htm
Linistepper Open Source	THB6064	2300	2300	4600	1000	Steigende Flanke	https://www.piclist.com/-techref/-io/-stepper/-THB6064/-index.htm

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerte	Richtung Halten	Richtungssteuerung	Stapellung	Datenblatt
*Motion Control	MSD542	>1500	2000	2000	2000	Steigende Flanke	https://www.motioncontrolpc2/-uploads/-msd542%20datasheet.pdf
Parker	OEM750	200	300	0	200000	Steigende Flanke	https://www.compumotor.com/-manuals/-OEM750/-OEM750_Entire_Rev_B.pdf
ST	L297	?	500	4000	1000	Steigende Flanke	https://www.st.com/-stonline/-books/-pdf/-docs/-1334.pdf
Xylotex	XS-3525/8S-3	2000	1000	200	200	Steigende Flanke	https://www.xylotex.com/-XS3525V202.pdf
Xylotex	XS-3525/8S-4	1000	1000	200	200	Steigende Flanke	https://www.xylotex.com/-XS3525V400.pdf
Lin Engi-neering	Silverpak 17D/DE	20000	20000	200	200	Steigende Flanke	https://www.linengineering site/-products/-pdf/-SilverPak17D_DE-manual.pdf
Hobbycnc	Pro Chop-per Board	2000	2000	2000	2000	?	https://www.hobbycnc.com/products/-hobbycnc-pro-chopper-driver-board-kits/
*Routout	2,5-Ampere-Schrittmachertreiber	200	1000	1000	?	?	https://www.routoutcnc.com2-5ampdriver.pdf
*Intelligent Motion System	IM483	1000	1000	1000	1000	Steigende Flanke	https://www.imshome.com/-im483.html
Keling	4030	5000	5000	20000	20000	?	https://www.
Keling	6852	1750	1750	10000	10000	Steigende Flanke	https://www.kelinginc.net/-kL-6852.pdf
Sherline	8760	1000	6000	24000	24000	?	https://www.sherline.com/-
Burkhard Lewetz	Step3S	6000	15000	?	5000	?	https://www.lewetz.de/-download/-ibstep3se.pdf
Parker Compu-motor	Zeta 4	200	200	?(200)	?(200)	Steigende Flanke	https://www.compumotor.com/-manuals/-ZETA/-ZETA_Rev_A_Entire.pdf

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerte	Richtung Halten	Richtungssetup	Stepstellung	Datenblatt
www.cncdrive.com	Dugong	1000	2500	1000	1000	?	https://www.cncdrive.com/-content/-dugong.htm
www.cncdrive.com	DG2S-08020	1000	2500	1000	1000	?	https://cncdrive.com/-DG2S_08020.html
Wantai Motors	DQ542MA	5050	5050	500	500	?	https://www.wantmotor.com/ProductsView.asp?id=257&
Leadshine USA	Digital DM422 40V 2.2A	7500	7500	20000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DM422m.pdf
Leadshine USA	Digital DM556 50V 5,6A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DM556m.pdf
Leadshine USA	Digital DM856 80V 7,0A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DM856m.pdf
Leadshine USA	Digital DM870 80V 7,0A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DM870m.pdf
Leadshine USA	Digital DM1182 150VAC 8,2A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-DM1182m.pdf
Leadshine USA	Digital EM402 40V 2,2A	10000	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-EM402d_P.pdf
Leadshine USA	Digital EM503 50V 4,2A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-EM503d_P.pdf
Leadshine USA	Digital EM705 70V 7,0A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-EM705d_P.pdf
Leadshine USA	Digital EM806 80V 8,2A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-EM806d_P.pdf
Leadshine USA	Analog M415B 40V 1,5A	1500	1500	8000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-M415Bm.pdf
Leadshine USA	Analog M542 50V 4,2A	1500	1500	8000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-M542V2m.pdf
Leadshine USA	Analog M752 75V 5,2A	1500	1500	8000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-M752m.pdf

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerte	Richtung Halten	Richtungssteuerung	Stapellung	Datenblatt
Leadshine USA	Analog M880A 80V 7,8A	1500	1500	8000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-M880Am.pdf
Leadshine USA	Analog M860H 80VAC 7,2A	1500	1500	8000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-MA860Hm.pdf
Leadshine USA	Brushed servo DCS303 30V 15A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DCS303m.pdf
Leadshine USA	Brushed servo DCS810 80V 20A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DCS810V1m.pdf
Leadshine USA	Brushed servo DCS810S 80V 20A	1000	1000	7000	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-DCS810Sm.pdf
Leadshine USA	Brushless servo ACS306 30V 15A	2500	2500	10000	5000	Steigende Flanke	https://leadshine.com/-UploadFile/-Down/-ACS306hm.pdf
Leadshine USA	Brushless servo ACS606 60V 15A	850	850	6700	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-ACS606m.pdf
Leadshine USA	Brushless servo ACS806 80V 20A	850	850	6700	5000	Steigende Flanke	https://leadshineusa.com/-UploadFile/-Down/-ACS806m.pdf
StepperOnline	Digital DM860T v1.0 80VA-C/110VDC 7.2A	5000	5000	5000	5000	Steigende Flanke	https://www.omc-stepperonline.com/-download/-DM860T.pdf
StepperOnline	Digital DM860T v3.0 80VA-C/110VDC 7.2A	5000	5000	5000	5000	Steigende Flanke	https://www.omc-stepperonline.com/-download/-DM860T_V3.0.pdf
Pololu	A4988 Schrittmotor-Treiber Carrier (engl. Stepper Motor Driver Carrier)	1000	1000	200	200	Steigende Flanke	https://www.pololu.com/-catalog/-product/-1182/

Hersteller	Modell	Schrittzeit	Schwittwerte	Richtung Halten	Richtungssteuerung	Stepstellung	Datenblatt
Pololu	DRV8825 Stepper Motor Driver Carrier	1900	1900	650	650	Steigende Flanke	https://www.pololu.com/-catalog/-product/-2132/
cnc4you		2000	8000	5000	5000	Steigende Flanke	https://cnc4you.co.uk/-resources/-CW5045.pdf

Kapitel 3

Beste Verdrahtungspraktiken

3.1 Elektrisches Rauschen

Elektrisches Rauschen in einem System wird durch elektromagnetische Interferenz (EMI) verursacht, bei der Signale, die in einem Stromkreis auftreten, einen benachbarten Stromkreis stören, entweder durch elektromagnetische Induktion, elektrostatische Kopplung oder Leitung. EMI kann Probleme beim täglichen Betrieb einer CNC-Maschine verursachen und sich auf verschiedene Weise äußern, z. B. durch falsches Auslösen von Endschaltern, vorzeitig unterbrochene Werkzeugantastungen, Beschädigung einer seriellen Datenverbindung zu einem VFD oder fehlerhaftes Verhalten der CNC-Steuerungssysteme und -Software.

Wenn Strom durch einen Leiter fließt, wird ein Magnetfeld erzeugt. Wenn der Strom zunimmt, wird das Magnetfeld stärker und bricht wieder zusammen, wenn der Strom aufhört zu fließen. Wenn dieses magnetische Wechselfeld zufällig einen anderen Leiter kreuzt, kann es in diesem eine unerwünschte Spannung induzieren, die sich als Rauschen bemerkbar macht.

Es gibt verschiedene Methoden, um die Auswirkungen von EMI in einem elektrischen System zu minimieren. Am wirksamsten ist es natürlich, das Auftreten von Störungen von vornherein zu verhindern. In der Praxis besteht die Methode zur Kontrolle der Auswirkungen von EMI in der Regel darin, Maßnahmen zu ergreifen, die verhindern, dass das Rauschen die gewünschten Signale im CNC-System verunreinigt.

3.2 Masse, Erde und ”Common”

Bei der Verwendung von Begriffen wie Erde und Masse kann es zu Verwechslungen kommen. In manchen Fällen bezeichnen sie dasselbe, nämlich den Punkt in einem elektrischen System, auf den sich alle Spannungen beziehen. Für die Zwecke dieses Artikels beziehen sich die Begriffe ”Erde” und ”Masse” auf den Punkt, an dem die eingehende Netzversorgung geerdet ist, während ”common” der Rück- oder Minuspol einer Gleichstromversorgung ist. In einigen Fällen ist es zulässig, die Masse einer Gleichstromversorgung zu erden, wodurch der Minuspol dieser Versorgung das gleiche Potenzial erhält wie die ankommende Wechselstrommasse, aber für die Zwecke dieser Diskussion müssen die Begriffe ”Erde”/”Masse” von ”common” getrennt werden, um Verwechslungen zu vermeiden.

3.3 Auswahl und Verwendung von Drähten

Kabel gibt es in vielen Arten, Größen und Konfigurationen. Sich durch all die verfügbaren Kabel zu wühlen, ist eine monumentale Aufgabe für sich, aber für die Zwecke dieses Artikels ist es nur notwendig, die Arten von Kabeln zu betrachten, die typischerweise bei der Verdrahtung einer CNC-Steuerung

verwendet werden. Darüber hinaus kann die Art und Weise, wie das Kabel verwendet wird, einen gewissen Einfluss auf das Gesamtsystem haben. Im Folgenden finden Sie einige Tipps, die sich als hilfreich erweisen könnten.

3.3.1 Einzelleiter-Draht

Drähte gibt es in zwei Formen: Volldraht und Litzendraht. Massivdraht ist im Allgemeinen billiger als Litze, kann aber bei Anwendungen, bei denen wiederholtes Biegen zu erwarten ist, eher brechen. Glücklicherweise bedeutet die weite Verbreitung von Litzen auf dem Markt, dass ihre Verwendung wo immer möglich gefördert werden sollte.

Drähte sollten so angeschlossen werden, dass alle Litzen des Leiters sauber und sicher in der passenden Buchse sitzen. Dies kann erreicht werden, indem die Litzen vor dem Einführen in den Anschluss zusammengedreht werden oder indem eine Pressklemme, wie z. B. ein Spaten oder ein Kabelschuh, verwendet wird. Es sollte darauf geachtet werden, dass keine Litzen außerhalb des Anschlusses enden, um einen versehentlichen Kurzschluss mit benachbarten Anschlüssen zu vermeiden.

Vermeiden Sie es, die Litzen vor dem Crimpen zusammenzulöten, wenn Sie den blanken Draht mit einem Kompressionscrimp versehen. Das Crimpen des Kabelschuhs auf einen gelöteten Draht kann dazu führen, dass sich der Kabelschuh mit der Zeit lockert, da die gelöteten Litzen nach dem Anbringen des Crimps ihre Kompressibilität verlieren. Aus demselben Grund sollte gelöteter Draht nicht in einer Anschlussleiste installiert werden, da dann der Schraubbolzen beim Anziehen direkt auf den Draht drückt.

Wenn Sie das Kabel für einen Anschluss abisolieren, entfernen Sie nur so viel, wie nötig ist, um den Anschluss nach Fertigstellung abzudecken. Wenn Sie zu viel Isolierung abisolieren, wird ein Teil des Kabels freigelegt, an dem ein Kurzschluss entstehen kann.

Der Stromkreis, für den das Kabel bestimmt ist, sollte ebenfalls berücksichtigt werden; die Spannung im Stromkreis, und die Stromstärke, die er überträgt, haben einen Einfluss auf die Wahl des zu verwendenden Kabels. Die dünne Isolierung eines recycelten CAT5-Ethernetkabels reicht nicht aus, um den Spannungen standzuhalten, die an den Ausgangsklemmen eines Frequenzumrichters auftreten können, und auch der Querschnitt des Leiters reicht nicht aus, um mehrere Ampere Strom zu führen, ohne dass es zu einer Überhitzung und damit zu einem Brand kommen kann. Umgekehrt ist es zwar durchaus zulässig, einen Endschalterstromkreis mit einem 2,5-mm-Kabel zu verdrahten, doch führt dies zu einer unnötigen Verdichtung des Kabelbaums. In der Dokumentation des Herstellers und in den Vorschriften für die elektrische Verdrahtung Ihres Landes finden Sie die empfohlenen Mindestquerschnitte für die Leistungs- und Steueranforderungen.

3.3.2 Abgeschirmtes Kabel

Es gibt zwei Arten von abgeschirmten Kabeln. Die eine hat ein blankes Drahtgeflecht, das den Draht im Inneren umgibt, und die andere hat eine Metallfolie, die den Draht im Inneren umgibt. Die Wahl des abgeschirmten Kabels hängt davon ab, wie stark das Rauschen ist, das Sie bekämpfen wollen.

Foliengeschirmter Draht Foliengeschirmte Kabel bestehen aus einer dünnen Aluminium- oder Kupferfolie, die in der Regel mit einer Kunststofffolie verbunden ist, die das Kabel umgibt. Der umschlossene Draht ist in der Regel zu 100 % abgedeckt. Die Befestigung der Folie an der Erde kann schwierig sein, vor allem, wenn die Folie aus Aluminium besteht oder auf ein Kunststoffträgermaterial laminiert ist. Aus diesem Grund ist es üblich, dass im Kabel eine blanke Metalllitze eingeschlossen ist, die über die gesamte Länge des Kabels mit der Folie in Kontakt steht. Diese wird als Erdungsdraht bezeichnet und dient dazu, die Verbindung zur Erde herzustellen.

Geflochtener abgeschirmter Draht Geflechtgeschirmte Kabel werden von einem geflochtenes Kupfergeflecht umgeben. Es ist sperriger als Folie und bietet keine 100%ige Abdeckung, ist aber flexibler als foliengeschirmte Typen. Der Abdeckungsgrad beträgt in der Regel 70 % bis 95 %, je nachdem, wie dicht das Geflecht konstruiert wurde. Trotz des geringeren Abdeckungsgrades ist die Effektivität

einer Geflechtabschirmung größer als die einer Folienabschirmung, da das Geflecht mehr Volumen hat und Kupfer ein besserer Leiter als Aluminium ist.

Für elektromagnetisch sehr verrauschte Umgebungen kann eine weitere Teilmenge der beiden oben genannten Abschirmmethoden verwendet werden, wobei sowohl Geflecht- als auch Folienabschirmung gleichzeitig verwendet werden. Einzelne Drähte in einem Mehrleiterkabel können ebenfalls abgeschirmt werden, wobei eine Gesamtabschirmung auf den gesamten Kabelmantel aufgebracht wird.

3.4 AC-Netzspannung

Der eingehende Netzwechselstrom, der das CNC-System versorgt, kann Störungen aufnehmen und in die Stromversorgungen und andere Geräte übertragen. Wird das eingehende Netz beispielsweise auch für die Versorgung großer Motoren verwendet, kann auf der Leitung zur Versorgung der CNC-Komponenten elektrisches Rauschen erzeugt werden. Obwohl die meisten modernen elektronischen Geräte über eine eingebaute Netzfilterung verfügen, um die Anfälligkeit für netzbedingte Störungen zu minimieren, kann die kundenspezifische und modulare Beschaffenheit eines CNC-Systems bedeuten, dass die verwendeten Komponenten aus einer Vielzahl von Quellen mit unterschiedlichem Grad an inhärenter Störungsimmunität stammen.

Inline-Filter können in der eingehenden Netzversorgung des CNC-Steuerungssystems installiert werden, um induzierte Störungen zu reduzieren. Der Betrieb des CNC-Systems an einem anderen Netzstromkreis als alle größeren elektrischen Störquellen kann ebenfalls dazu beitragen, mögliche Quellen von Netzstörungen zu minimieren.

Anmerkung
Beachten Sie, dass in vielen Ländern die Installation und Änderung von Netzstromkreisen nur von lizenzierten Elektrikern durchgeführt werden darf.

3.5 Netzteile

3.5.1 AC-Erde

Eine typische CNC-Maschine kann mehrere verschiedene Stromversorgungseinheiten (PSUs) im System installiert haben. Jedes Gerät, das über das eingehende Netz mit Strom versorgt wird und geerdet werden soll, muss ordnungsgemäß und dauerhaft an die Netzerde angeschlossen werden. Idealerweise sollte dies am gleichen Punkt im System erfolgen, z. B. an einem Gewindepfosten oder -bolzen, einem Kupfer-/Messing-Abschlussstreifen oder einer großen metallischen Montageplatte innerhalb des Steuergehäuses.

Die in CNC-Systemen weit verbreiteten Hochfrequenz-Schaltnetzteile erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass HF-Störungen von ihnen in benachbarte Schaltkreise eingekoppelt werden. Viele dieser Netzteile haben ein Metallgehäuse, das, wenn es mit der Netzerde verbunden ist, dazu beiträgt, die Einkopplung von Hochfrequenz-EMI in andere elektrische Komponenten zu verhindern.

Aus Sicherheitsgründen ist es wichtig, dass diese Netzerdungsverbindungen auch mechanisch stabil sind und sich nicht lösen können, und dass der verwendete Draht einen ausreichenden Querschnitt hat, um im Falle eines Erdschlusses den zu erwartenden Fehlerstrom zu übertragen. Es ist auch zwingend erforderlich, dass die Netzerde niemals als stromführender Leiter für andere Komponenten im System verwendet wird. Die Erde darf nur für einen einzigen Zweck verwendet werden: die Sicherheitserdung.

Beachten Sie auch, dass die Farbe der Ummantelung, die für den Anschluss an die Erde verwendet wird, durch die Verdrahtungsvorschriften Ihres Landes vorgeschrieben sein kann, und dass die Leitung anderer, nicht verwandter Signale in der gleichen Kabelfarbe verboten sein kann.

3.5.2 Geteilter Gleichstrom

Die gemeinsame Nutzung eines DC-Netzteils hängt in gewissem Maße von den elektrischen Betriebsanforderungen des CNC-Systems ab. Beispielsweise kann ein Schrittmotortreiber, der mit einer 24 VDC-Motorspeisung und einer 5 V-Logikspeisung arbeitet, über optisch isolierte Signaleingangsleitungen verfügen, die eine vollständige elektrische Trennung der Eingangs- und Ausgangsschaltungen des Treibers aus Sicherheits- und Störsicherheitsgründen gewährleisten. Die Verbindung von Schrittmotor und Logikversorgung kann sich in diesem Fall nachteilig auf den Betrieb des Systems auswirken.

Im Allgemeinen ist es am sinnvollsten, die gemeinsamen Punkte der verschiedenen im CNC-System verwendeten Gleichstrom-Netzteile voneinander und von der Wechselstrom-Netzerde getrennt zu halten, es sei denn, es besteht eine besondere Anforderung, sie miteinander zu verbinden. In den meisten Fällen werden die gemeinsamen Punkte der Hochleistungs-Stromversorgungsabschnitte des CNC-Systems (z. B. Schrittmotor- oder Servomotortreiber, Spindelmotoren usw.) von den gemeinsamen Punkten der elektrisch empfindlichen Abschnitte der CNC (Steuerschnittstellenplatinen, Endschalter, Werkzeugtasterschaltungen usw.) getrennt, um eine gegenseitige Verschmutzung der beiden Systeme zu verhindern.

Sollte es notwendig sein, mehrere gemeinsame Punkte verschiedener Netzteile miteinander zu verbinden oder einen gemeinsamen Punkt eines Netzteils mit der AC-Haupterde zu verbinden, so sollte dies nur an einem einzigen Punkt und so nahe wie möglich an der gemeinsamen Klemme der Netzteile geschehen.

Bei CNC-Maschinen, bei denen die Hardwaretreiber und Schnittstellenschaltungen bereits vormontiert sind, wird dem Endanwender die Entscheidung darüber, welche Gleichstromanschlüsse wo angeschlossen werden, in der Regel abgenommen.

3.6 Gleichstrom (engl. DC)-Einspeisungen

In Situationen, in denen ein Gleichstromkreis mit einem von der Netzerde getrennten gemeinsamen Punkt betrieben wird (d. h. die Versorgung ist ”erdfrei”), kann es hilfreich sein, Gleichstromversorgungen mit verdrillten Leitungspaaren zu betreiben, wobei jedes Leitungspaar im Stromkreis (z. B. die Plus- und Minusleitungen) physisch in einem Helixmuster miteinander verdrillt ist. Durch die Verdrillung der Drähte teilen sich die beiden Leiter so eng wie möglich denselben ”Grundbesitz”. Jegliche EMI, die über sie hinweggeht, wird daher weitgehend ausgelöscht, da beide Leiter das gleiche Maß an EMI erhalten. Für zusätzlichen Schutz verwenden Sie verdrillte Kabel, die in einem abgeschirmten Mantel untergebracht sind und deren Abschirmung mit der Netzerde verbunden ist.

Es ist jedoch zu beachten, dass verdrillte Adernpaare die Auswirkungen von EMI weniger wirksam bekämpfen, wenn eine der beiden Adern mit der Netzerde verbunden ist, da der Leiter auf Erdpotential weniger durch EMI beeinflusst werden kann als der ungeerdete Leiter. In diesen Fällen hat die Verdrillung der Drähte weniger Einfluss auf die gesamte Störfestigkeit, und abgeschirmte Kabel sind von Natur aus effektiver bei der Verringerung der Störaufnahme.

3.7 Signalleitungen und Steuerleitungen

Die Drähte, die zur Übertragung von Logiksignalen zu und von verschiedenen Peripheriegeräten in der CNC verwendet werden (z. B. Eingänge der Schrittmotorsteuerung, Achsenendschalter usw.), sind am anfälligsten für Rauschstörungen. Der Grund dafür sind die niedrigen Spannungen, die zur Übertragung der Informationen verwendet werden. Wenn ein Endschalter oder ein Home-Schalter betätigt wird oder ein Werkzeugmesstaster einen Kontakt hergestellt oder unterbrochen hat, wird dieses Signal verwendet, um zu signalisieren, dass das Ereignis stattgefunden hat. In der Regel geschieht dies über Eingangsstifte an der Computerschnittstellenkarte oder am Parallelport, die je nach

Anwendung mit nur 3,3 V signalisiert werden können. Offensichtlich kann eine 2-V-Rauschspitze die Gültigkeit eines Signals verfälschen, wenn der Nutzbereich nur 0-3,3 V beträgt.

Wenn möglich, isolieren Sie den gemeinsamen Punkt des Netzteils, das die logischen Peripheriegeräte versorgt, vom Rest des Systems. Wenn z. B. der gemeinsame Punkt des Niederspannungsnetzteils vom gemeinsamen Punkt der Schrittmotorversorgung isoliert ist, verringert sich die Gefahr, dass große Ströme in der Rückleitung des Schrittmotors den gemeinsamen Punkt der Niederspannungsversorgung verunreinigen.

Verwendet das Steuergerät eine Differenzialsignalisierung, so sind verdrillte Kabelpaare für die Übertragung des Signals zu verwenden. Abgeschirmte Kabel sind zu bevorzugen, wenn die Steuerleitungen unsymmetrisch sind oder wenn die zu überbrückenden Entfernungen lang sind oder durch elektrisch ungünstige Umgebungen führen. Wenn Sie die Abschirmung im Kabel erden, schließen Sie es an die Netzerde an.

Wenn die Steuerung und die Schnittstellengeräte höheren Steuersignalen standhalten können, sollten Sie die Verdrahtung und die Anforderungen an die Stromversorgung ändern, um eine höhere Spannung für die Signalisierung zu verwenden (z. B. 12 V oder 24 V). Dieselbe 2-V-EMI-Störungsspitze, die ein 3,3-V-Endschaltersignal stören könnte, wird bei einem Endschalter, der mit einem 24-V-Signal arbeitet, weit weniger Probleme verursachen.

3.8 Schritt- oder Servomotor-Treiber

Das Metallgehäuse des Treibers sollte mit der lokalen Netzerde des CNC-Systems verbunden werden. Bei einigen Treibergehäusen ist eine bestimmte Klemme als Erdungspunkt angegeben; in diesem Fall muss dieser Punkt über ein spezielles Kabel mit der Erde verbunden werden.

Steuer- und Leistungskabel sollten so weit wie möglich voneinander getrennt werden. Verlegen Sie die Signaleingangsleitungen weit entfernt von den Stromversorgungs- und Motorantriebsausgangsleitungen.

Es wird empfohlen, sowohl die Treibereingangs- als auch die Motorausgangskabel in abgeschirmten Kabeln zu verlegen, wobei die Abschirmung mit der Netzerde verbunden sein sollte. Die Abschirmung der Eingangsleitungen trägt dazu bei, die Menge an Störungen zu reduzieren, die sie empfangen können, während die Abschirmung der Ausgangsleitungen die Menge an Störungen reduziert, die sie abstrahlen können.

3.9 Frequenzumrichter

Wenn möglich, sollte der Frequenzumrichter (VFD) in einem separaten Gehäuse oder Schrank montiert werden, um das Risiko zu verringern, dass er Geräusche in die angrenzende Verkabelung abstrahlt. Wenn das Gehäuse des Frequenzumrichters aus Metall ist, muss es gemäß den Empfehlungen in der Dokumentation des Herstellers geerdet werden.

Da es sich beim VFD um ein elektronisches Schaltgerät mit hoher Leistung und hoher Frequenz handelt, ist der Ausgang bekanntermaßen anfällig für EMI-Strahlung, und es ist ratsam, den VFD-Ausgang mit einem abgeschirmten Kabel zum angeschlossenen Motor zu führen, wobei die Abschirmung mit der Netzerde verbunden sein muss.

3.10 Verlegung von Leitern

3.10.1 Verlegung beweglicher Drähte

Alle Kabel, die während des normalen Betriebs der CNC bewegt werden, fallen in diese Kategorie. Zum Beispiel Kabel, die von den Schrittmotorantrieben durch ein Kabelmanagementsystem (Schlepp-

ketten) und dann zu den Schrittmotoren an einem beweglichen Portal verlaufen. Kabel und Drähte, die unter diesen Umständen eingesetzt werden, sollten für zusätzliche Flexibilität ausgelegt sein. Dies schließt die Verwendung von Vollkernkabeln und -leitungen aus, da die ständige Biegung zu einer Ermüdung und schließlich zum Ausfall der Leiter führt.

Wenn Sie die Kabel in einer Kabelbahn/einem Kabelträger verlegen, binden Sie sie an beiden Enden der Kabelbahn fest. Andernfalls kann ein Ratschen auftreten und das Kabel vorzeitig ermüden. Es sollte auch darauf geachtet werden, dass ein mechanisches Reiben von Leitern an anderen Teilen der Maschine vermieden wird.

Beachten Sie bei einer Kabeltrasse/einem Kabelträger die Idee der neutralen Achse. Verlegen Sie den Draht so nah wie möglich an der neutralen Achse. Achten Sie darauf, dass der Draht in der längsten Lage der neutralen Achse nicht unter Spannung steht.

3.10.2 Verlegung stationärer Drähte

Wie bereits erwähnt, führt die Nähe verschiedener Signalklassen (Hoch- und Niederspannung) zu einer Verschärfung der EMI-Interferenz. Trennen Sie die Leiter so weit wie möglich voneinander. Wenn sich zwei Leiter kreuzen müssen, sollte der Kreuzungspunkt so nah wie möglich an einem 90-Grad-Winkel liegen.

Vermeiden Sie lange Kabelschleifen an allen Peripheriegeräten - sie sind gute Antennen für den Empfang oder die Übertragung von Störungen. Verlegen Sie die Kabel nach Möglichkeit in der Nähe von großen geerdeten Strukturen. Wenn das Gehäuse des Steuergeräts über eine große geerdete Metallrückwand verfügt, sollten Sie die gesamte Steuerverdrahtung so weit wie möglich an dieser Fläche befestigen, während Sie die Kabel zwischen zwei Punkten verlegen.

3.11 Mechanisches Rauschen

Nur sehr wenige mechanische Schalter (z. B. ein Achsendschalter oder ein Werkzeugtastereingang) schließen oder öffnen sich bei Betätigung perfekt. In den meisten Fällen prallen die Schaltkontakte bei der Betätigung innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne mehrmals gegeneinander. Dies kann von der Maschinensteuerung als mehrfache Betätigung desselben Signals interpretiert werden, obwohl in Wirklichkeit nur eine einzige saubere Zustandsänderung erwartet wurde. Manchmal spielt das keine Rolle, aber unter vielen Umständen ist es wünschenswert, sicherzustellen, dass jede Zustandsänderung so ”sauber” wie möglich ist und den Betrieb der Maschine nicht stört. Dies wird durch Entprellung erreicht.

Die Entprellung wird dadurch erreicht, dass eine Zustandsänderung an einem mechanischen Schalter erst nach einer festgelegten Zeitspanne in der Steuerung registriert wird, damit sich ein eventueller Rückprall in den Schaltkontakten ausgleichen kann. Zeitverzögerungen von 5-15 Millisekunden sind normalerweise ausreichend. Dies kann mit dem Zusatz von etwas Hardware, um die Signal-Schaltung oder in der Software innerhalb LinuxCNC getan werden.

3.11.1 Hardware Entprellung (engl. debouncing)

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Entprellung von Schaltern und Relaiskontakten mit Hardware zu implementieren, angefangen von der Hinzufügung eines einzelnen Kondensators über die Signal- und gemeinsamen Leitungen bis hin zu speziellen integrierten Entprellungsschaltungen wie dem MC14490 oder MAX6818. Mehrere Hardware-Entprellungsschemata finden Sie über den unten stehenden Link:

https://electrosome.com/switch-debouncing/

3.11.2 Software-Debouncing

Die Hardware-Abstraktionsschicht (HAL) von LinuxCNC enthält eine Entprellungskomponente. Diese Komponente hat einen einzelnen Eingangspin und einen einzelnen Ausgangspin. Ihre Aufgabe ist es, den Eingang zu überwachen und einen Ausgang zu senden, nachdem der Eingang für eine programmierte Verzögerungszeit aktiviert wurde. Weitere Informationen über die Entprellungskomponente finden Sie auf der folgenden Seite:

debounce(9)

3.12 Dokumentation

Die Bedeutung der Dokumentation der installierten Verdrahtung und Komponenten kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Sollte der Benutzer das CNC-System später ändern wollen oder sollten Probleme auftreten, die behoben werden müssen, kann eine vollständige und präzise Dokumentation der Verdrahtung und Ausrüstung viele Stunden des Kopfkratzens und der Frustration ersparen.

3.12.1 Hardware-Dokumentation

Stellen Sie zumindest sicher, dass Sie die Dokumentation der installierten Hardware an einem sicheren Ort aufbewahren. Schrittmotorsteuerungen, Break-Out-Boards, Stromversorgungen, VFDs, Schnittstellen und Steuerungen, Servo- und Schrittmotortreiber und alle zugehörigen Geräteeinstellungen sind allesamt kritische Komponenten des Systems, deren Dokumentation zum einfachen Nachschlagen bereitgehalten werden sollte.

3.12.2 Schaltpläne

Wenn die CNC-Maschine verdrahtet ist, sollten Sie einen Schaltplan anfertigen, auf den Sie später Bezug nehmen können. Der Schaltplan muss nicht besonders übersichtlich sein, aber er sollte so verständlich sein, dass er später leicht interpretiert werden kann, idealerweise von jedem, der die Maschine warten muss. Fügen Sie Details wie die verwendeten Kabelfarben, Pin-Nummern, Teilenummern und andere Notizen hinzu, die helfen, bestimmte Details zu erklären, die nicht sofort auf den ersten Blick auf den Schaltplan ersichtlich sind.

3.12.3 Identifizierung der Verdrahtung

Nehmen Sie sich die Zeit, jedes Kabel im System zu identifizieren. Wenn ein Bündel von Drähten mit Kabeln verbunden wurde, kann es sehr schwierig sein, sie zu betrachten und mit Sicherheit zu wissen, welcher Draht wohin gehört. Beschriften Sie die Motordrähte mit dem Gelenk oder der Achse, zu dem/der sie gehören, oder kennzeichnen Sie jeden Signaldraht, damit Sie leicht erkennen können, was das Signal bewirkt. Es ist auch hilfreich, wenn diese Informationen auf die Schaltpläne übertragen werden.