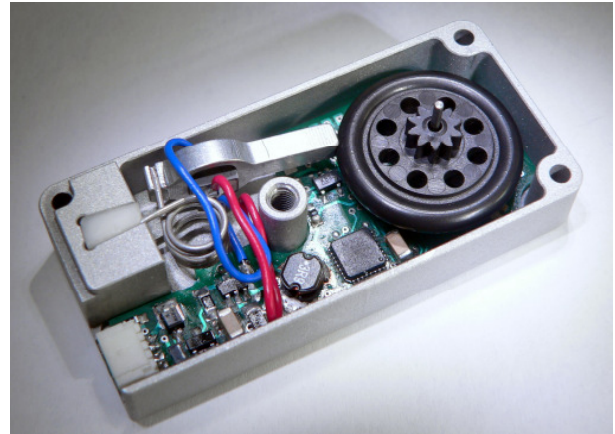


Schritt für Schritt - Intelligenter Piezoantrieb mit integrierter Elektronik

Veröffentlichung: A&D Kompendium 2007/2008

Elliptec Motoren sind Ultraschall-Piezoantriebe, die sich kostengünstig für hochdynamische Positionieranwendungen in Massenprodukten einsetzen lassen. Module, in die auch die Motorelektronik integriert ist, halten den Konstruktionsaufwand gering. Sie ähneln klassischen DC- oder Schrittmotoren, jedoch mit den Vorteilen resonanzbasierter Piezoantriebe.



Der Elliptec Motor ist ein resonanzbasierter Piezoantrieb, der mit nur einer Piezokeramik eine hochdynamische und präzise Bewegung in zwei Richtungen ermöglicht. Ein periodisches Spannungssignal versetzt dazu die Piezokeramik des Motors in Schwingungen von ca. 100 kHz. Die Form des patentierten Resonators verstärkt die Schwingungen der Piezokeramik und wandelt sie in eine ellipsenförmige Bewegung der Resonatorspitze um. Mit einer Feder wird die auf einer elliptischen Kreisbahn schwingende Motorspitze gegen das anzutreibende Element gedrückt, das so mit jeder Schwingung um wenige Mikrometer weiter geschoben wird. Periodische Wiederholungen führen also zu einer gleichförmigen, kontinuierlichen Bewegung. Durch zwei verschiedene Resonanzfrequenzen des Motors lässt sich dabei die Bewegungsrichtung umkehren. Eine Resonanzfrequenz in der Größenordnung von 80 kHz bewirkt eine Vorwärtsbewegung. Eine Resonanzfrequenz in der Größenordnung von 100 kHz erzeugt eine Rückwärtsbewegung.

Ähnlich wie bei einem Schrittmotor besteht also auch die Bewegung des Elliptec Motors aus Schritten, jedoch in Mikrometergröße, die mit einer Frequenz von rund 100.000 Hz aufeinander folgen.

Eine Bewegung mit größeren Schrittweiten lässt sich durch Ansteuerungen in Form von Pulsgruppen erzeugen. Dadurch kann der Elliptec Motor die Funktionsweise eines Schrittmotors imitieren. Der Unterschied zwischen einem Schrittmotor und dem Elliptec Motor ist dabei die veränderbare Schrittweite, die von etwa einem Mikrometer bis hin zu kontinuierlicher Bewegung beliebig variieren kann. Da der Elliptec Motor bei sehr geringen Drehzahlen Kräfte der Größenordnung 200 mN bzw. Drehmomente im Bereich von 2 mNm erreicht, kann bei vielen Anwendungen auf ein Getriebe verzichtet werden. Der Elliptec Motor stellt eine kostengünstige Lösung für hochdynamische Positionieranwendungen in Massenprodukten dar - Vorteile, die bereits in verschiedensten Anwendungsbereichen genutzt werden.

Klein, stark und dynamisch

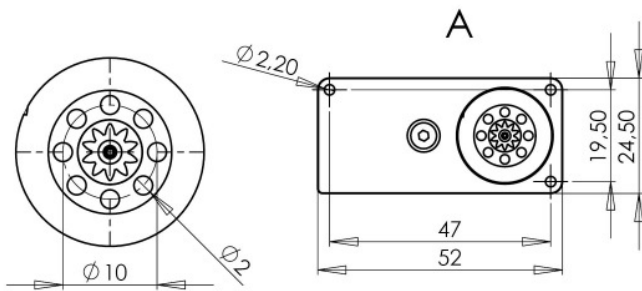
Aufgrund der Besonderheiten in Funktion und Aufbau bieten resonanzbasierten Piezoantrieben wie der Elliptec Motor viele Vorteile, beispielsweise spielfreien Direktantrieb, hohe Dynamik, präzise Positionierung, Haltekraft im ausgeschalteten Zustand, kleinen Bauraum sowie gute Integrierbarkeit.

Die Anforderungen für die Integration in Anwendungen unterscheiden sich jedoch von denen eines herkömmlichen DC- oder Schrittmotors. Beispielsweise existieren im Gegensatz zu anderen Motorarten üblicherweise keine voll integrierten Motortreiber-Bausteine, so dass eine diskrete Ansteuerelektronik für den Motor verwendet wird. Da sich die Resonanzfrequenzen einzelner Motoren konstruktionsbedingt unterscheiden können, wird für jeden Motor die Resonanzfrequenz elektronisch bestimmt. Die Messmethode, auf der der softwareseitige Frequenzfindungsalgorithmus aufsetzt, erfordert ein sorgfältiges Elektroniklayout, damit es im Betrieb nicht durch Störeinkopplung zu Fehlfunktionen kommen kann.

Weitere Anforderungen werden an die Konstruktion der Mechanik im Hinblick auf schwingungstechnische Optimierung und richtige Materialwahl gestellt.

Kompakte Modulbauweise

Aus wirtschaftlichen Gründen spielt bei Prototypen und Kleinserien oft die Verminderung des Entwicklungsaufwandes eine besondere Rolle. Um Elliptec Motoren mit minimalem Konstruktionsaufwand in Anwendungen integrieren zu können, wurden die Elliptec Module entwickelt. Sie enthalten in einem kompakten Gehäuse (Abmessungen 52 x 24,5 x 11,5 mm) einen Elliptec Motor, der auf ein Rad mit 20 mm Durchmesser wirkt, sowie eine mikrocontrollerbasierte Antriebselektronik mit integriertem Positionsfeedback über Lichtschranken.



Kompakt: Dimension des Elliptec Modules

Elliptec Module können mit sehr geringem Konstruktionsaufwand in Anwendungen integriert werden. Weiterhin entfällt der Aufwand für elektronisches Design zur Ansteuerung des Motors sowie für die Erstellung der notwendigen Steuersoftware. Die Module lassen sich über vorhandene Bohrungen leicht befestigen. Der Abtrieb kann über das im Modul befindliche Rad mit aufgesetztem Zahnrad (10 Zähne Modul 0,5), über die im Rad vorhandenen Befestigungslöcher oder über aufgesetzte Adapter mit Abtriebswelle erfolgen.

So wird der Einsatz eines Piezomotors vergleichbar mit herkömmlichen DC- oder Schrittmotoren. Die vollständig in das Modulgehäuse integrierte Elektronik vermeidet Störungen des Antriebssystems. Aufgrund des geschlossenen mechanischen Aufbaus ist auch das Schwingungsverhalten des Systems stets unkritisch und lässt so eine optimale Motorleistung zu. Der Einsatz der Elliptec Module eignet sich sowohl für Test- und Evaluierungszwecke als auch für Endanwendungen in Projekten kleinerer bis mittlerer Stückzahl.

Unterschiedliche Softwarevarianten

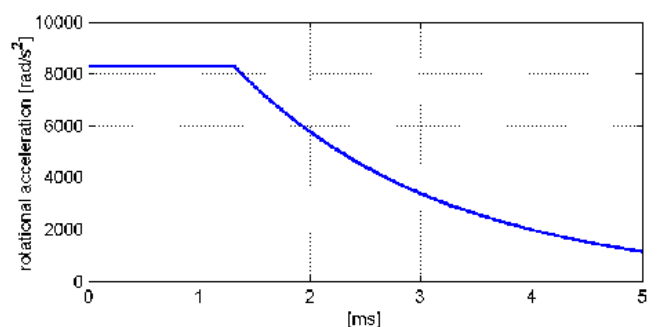
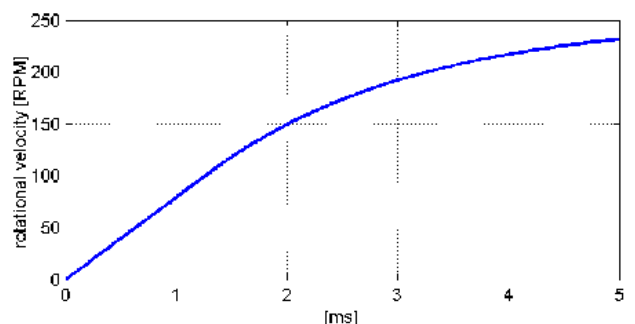
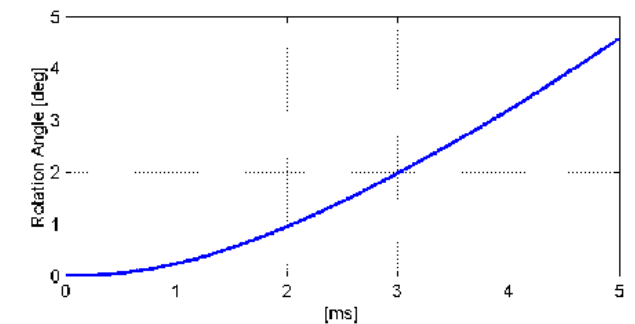
Die beiden werkseitig verfügbaren Softwarevarianten lassen eine sehr einfache Ansteuerung des Elliptec Motors zu. Eine orientiert sich dabei eher an der Funktionalität eines Schrittmotors, die andere an der eines DC-Motors. Alle Modulvarianten bieten eine Bewegung mit Schrittweiten im Mikrometerbereich und eine hohe Dynamik der Bewegung. So wird die maximale Drehzahl von 250 UPM bereits nach 5ms erreicht (siehe Diagramm 1). Durch den integrierten Positionssensor können exakt definierte Motorschritte erreicht werden. Dabei beträgt die Positionsauflösung des integrierten Sensors in der Basisversion 40 Schritte pro Umdrehung (9°). Eine hochauflösende Präzisionsvariante mit 1200 Schritten pro Umdrehung ($0,3^\circ$) ist ebenfalls verfügbar. Zwischen den festgelegten Positionen lassen sich Schritte im Mikrometerbereich fahren, daher können Zwischenpositionen mit feinsten Auflösung erreicht werden.

Die Ansteuerung wird dabei sehr einfach über die 4 Anschlusskontakte des Moduls realisiert, wobei zwei der Kontakte zur Spannungsversorgung dienen (5V max. 600mA). Die beiden anderen Digital-Leitungen werden als „Pulse“ und „Direction“ definiert. Ein „Pulse“ bewirkt eine Bewegung des Motors um einen Schritt in die Richtung, die durch den Logikpegel am Eingang „Direction“ vorgegeben wird. Eine offene Direction-Leitung (Highpegel) erzeugt die Vorwärtsbewegung, ein verschalten gegen Masse (Lowpegel) die Rückwärtsbewegung.

Ein Schritt bis zur nächsten Position des internen Positionssensors wird ausgeführt, wenn der Eingang der Pulse-Leitung länger als 10ms auf Masse (Lowpegel) wechselt. Die Bewegung des Motors stoppt, sobald die Position erreicht wird. Die Dauer des Wechsels auf Masse hat keine Bedeutung für die Bewegung. Sie wird immer erst dann gestoppt, wenn der Motor die Position erreicht hat. Der Benutzer kann diese Ansteuerung auch mit einfachen Tastern realisieren.

Wird der Motor so stark von außen gebremst, dass der nächste Pulsbefehl bereits während der Ausführung des ersten Befehls erfolgt, so wird dieser gespeichert. Der Motor stoppt dann nicht an der nächsten, sondern fährt bis zur übernächsten Position. Damit können im Gegensatz zu einem klassischen Schrittmotor keine Motorschritte „verloren gehen“. Durch Pulse kürzer als 10 ms lassen sich Zwischenschritte ansteuern. Der Motor fährt dann nicht wie beschrieben bis zur nächsten Position, sondern nur für die Dauer des Pulses (<10ms). Damit kann der Motor im Bereich zwischen der aktuellen Position und der nächsten Position verfahren werden.

Die Softwarevariante R40N vereint Vorteile der Piezomotortechnologie wie hohe Dynamik, getriebelosem Direktantrieb und Mikroschrittbewegung mit der einfachen Funktionalität eines Gleichstrommotors.

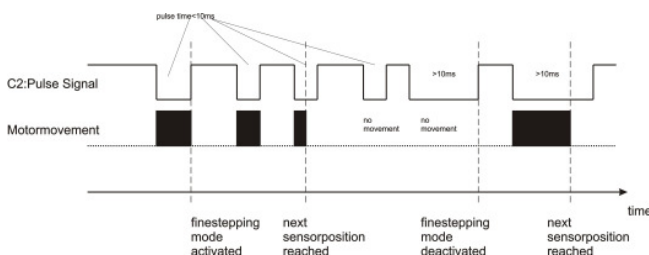


Beschleunigungsverhalten von Elliptec Modulen

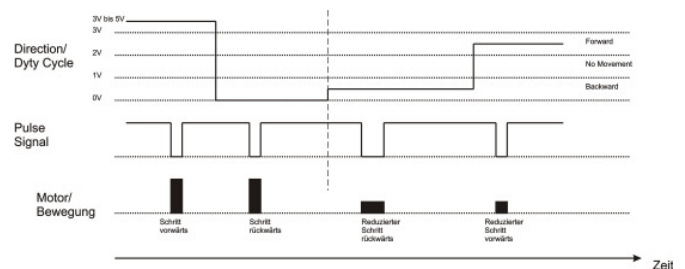
Die Dauer der Motorbewegung wird über die Ansteuerdauer vorgegeben. Die Motorleistung (Motorgeschwindigkeit und Kraft) kann über eine analoge Spannung an einem Eingangspin ähnlich der Betriebsspannung eines DC-Motors kontrolliert werden. Der interne Sensor wird bei dieser Ansteuerart nicht verwendet. Die vier Kontakte des Eingangssteckers sind ähnlich wie in der „Schrittmotorvariante“ R40S belegt. Auch hier dienen zwei der Kontakte zur Spannungsversorgung (5V max. 600mA).

Der Motor bewegt sich, wenn der Pulse-Eingang mit Masse verbunden (Lowpegel) wird. Durch Anlegen einer analogen Eingangsspannung zwischen 0 und 5 Volt am Direction Pin kann neben der Bewegungsrichtung auch eine Kontrolle der Motorkraft bzw. der Motorgeschwindigkeit erfolgen. Eine Spannung im Bereich 2 V - 3 V erzeugt dabei eine analoge Vorwärtsbewegung mit einer Antriebsleistung zwischen 0 und 100 %. Entsprechend wird eine Rückwärtsbewegung mit einer Leistung zwischen 0 und 100 % durch eine Spannung im Bereich 1 V - 0 V erzeugt .

Weitere Softwarevarianten sind derzeit in der Entwicklung, können aber auch auf spezielle Anforderungen hin kundenspezifisch angepasst werden. So wird beispielsweise ein PC Adapter mit grafischer Bediensoftware entwickelt, der eine vielfältige Ansteuerung und Konfiguration der Module über einen PC ermöglicht.



Ansteuerung der Schrittmotorversion



Ansteuerung der DC-Motorversion

Zusammenfassung

Um den Konstruktionsaufwand bei Einsatz des Elliptec Motors insbesondere in Prototypen und Kleinserien zu reduzieren, bietet Elliptec Resonant Actuator Module an, die in einem kompakten Gehäuse neben dem Piezoantrieb auch die zugehörige Elektronik enthalten. Die Verwendung dieser Module ist so vergleichbar mit dem Einsatz klassischer DC- oder Schrittmotoren, jedoch mit den Vorteilen resonanzbasierter Piezoantriebe.

Durch verschiedene Softwarevarianten können die Module je nach Anwendung eher einem DC-Motor oder einem Schrittmotor ähneln, allerdings mit deutlich erweitertem Funktionsumfang. Angesteuert werden sie durch eine einfache analoge Eingangsspannung (DC) oder durch eine Pulse-and-Direction-Ansteuerung wie sie für Schrittmotoren üblich ist. Es können jedoch gegenüber herkömmlichen Antrieben zusätzliche Signale wie Positionsrückmeldungen ausgewertet und Bewegungsprofile programmiert werden. An die Abtriebswelle des Moduls lassen sich Zahnräder oder Wellen sehr einfach adaptieren, um eine Anwendung anzutreiben.

Diese Veröffentlichung finden Sie auch unter: <http://www.AuD24.net>

Trademarks

Elliptec™, Elliptec Motor™, Elliptec Minimotor™, Elliptec Actuator™, Elliptec Module™, Elliptec Controller™ are trademarks of Elliptec Resonant Actuator AG.

Elliptec Resonant Actuator AG
 Meinhardstrasse 3
 44379 Dortmund
 Germany

Tel. +49 (0) 2 31 / 29 27 02-0
 Fax +49 (0) 2 31 / 29 27 02-50

presse@elliptec.com