
Kleine Bipolar-Schrittmotoren ansteuern mit SN754410

Gunther Zielosko

1. Einleitung

Es ist richtig – Schrittmotoren hatten wir schon (Applikationsbericht 018). Dennoch gibt es gute Gründe, das Thema noch einmal aufzugreifen. Einer ist, wir haben damals eine diskrete Lösung für die Motorendstufe aufgebaut, jetzt versuchen wir es eleganter mit einem H-Brücken-IC SN754410, den wir bereits erfolgreich mit kleinen DC-Motoren erprobt haben (Bericht 059). Ein weiterer Grund für den Neuanfang ist, dass wir diesmal Bipolar-Schrittmotoren ansteuern wollen, die einfacher im Aufbau sind, weniger kosten und in vielen Bastelkisten vorhanden sind, so zum Beispiel in alten Diskettenlaufwerken (Bild 2). Zusätzlich wollen wir eine batteriefreundliche Variante mit kleinen Schrittmotoren ausprobieren. Wir erinnern uns, dass übliche Schrittmotoren häufig recht groß sind, meist mit 12 V oder mehr betrieben werden müssen und zuletzt einen erheblichen Strom benötigen. Das erschwert einen Betrieb mit Batterien erheblich. Der Stromverbrauch ist schon unter normalen Bedingungen, also beim Arbeiten des Motors ein Handicap, besonders aber im Stillstand. Erstens ist er dabei wegen der fehlenden Gegeninduktion noch höher und zweitens leistet der Antrieb gar nichts. Hier wollen wir etwas tun und neue Konzepte erarbeiten. Ziel ist es, einen Positionierantrieb für Batteriebetrieb zu entwickeln, der wie im Bericht vorher nur Strom verbraucht, wenn die Position verändert werden soll.

Doch zunächst zum Motor selbst und seiner Anpassung an ein Antriebssystem.

2. Motor und Getriebe für den Antrieb

Unser Motor soll klein sein, bereits mit Batterie-Spannungen um 5 V arbeiten (z.B. 4 NiCd- oder NiMH-Zellen) und mit Strömen unter 200 mA auskommen. Der Schrittmotor P5341 (Bild 1) eignet sich hervorragend für Anwendungen mit leichtgängigen Getrieben, bei denen es nicht um hohe Geschwindigkeiten oder Kräfte geht. Ideal also für langsame Einstellungen von Video-Kameras oder Fokussierungsantriebe. Leider ist er nicht so ohne weiteres zu finden, eine Adresse, die aber nur an Händler ausliefert, ist

Quelle für den Motor P5341: http://www.kemo-electronic.com/p5341_d.html

Eine weitere Möglichkeit zur Beschaffung eines solch kleinen Schrittmotors sind häufig herumliegende alte Diskettenlaufwerke. Deren Kopf-Positionier-Motor ist meist ein Bipolar-Schrittmotor und erfüllt unsere Bedingungen. Achten Sie beim „Recycling“ darauf, dass diese Motoren in der Regel innen nur ein Lager haben, das zweite ist außen am Ende der Achse im Gussgehäuse integriert, wie Bild 2 zeigt. Wenn Sie einen derartigen Motor verwenden wollen, sollten Sie also aus dem Rahmen ein Stück mit dem Lager und der Motorbefestigung heraussägen und diesen Aufbau komplett verwenden.

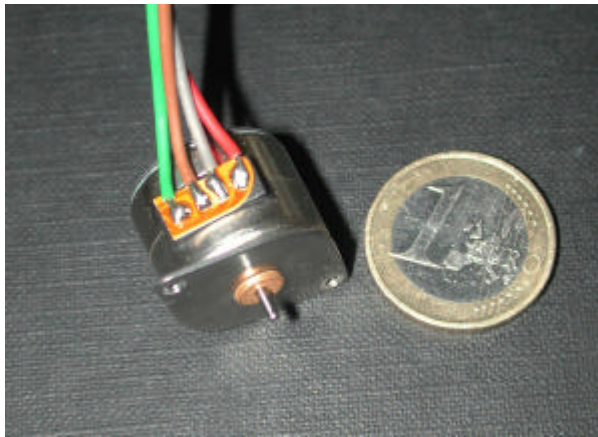


Bild 1 Der Miniatur-Stepper-Motor P5341

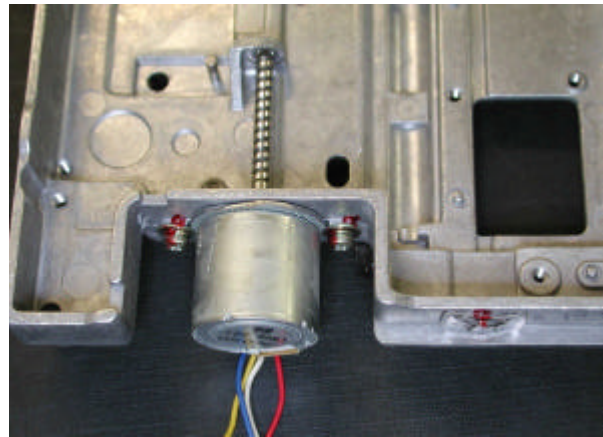


Bild 2 Eine alternative Quelle für kleine Bipolar-Schrittmotoren sind alte Diskettenlaufwerke

Um einen solchen Stepper-Motor in einen Positionierantrieb zu integrieren, ist als nächstes meist ein Getriebe notwendig. Der Autor hat gute Erfahrungen mit Getriebe-Bausätzen der Firma Tamiya gemacht, die leider in Deutschland auch schwer zu beschaffen sind. Eine Adresse in den USA, die auch nach Deutschland liefert, ist

Pololu: <http://www.pololu.com/products/tamiya/index.html> - gearboxes

An den Getriebebausatz # 70093 paßt unser Motor mit kleineren Änderungen der Motoraufnahme und entsprechender Adaption des Antriebsritzels an die Motorachse hervorragend (Bilder 3 und 4). Die 3 wählbaren Untersetzungen 16,6:1, 58,2:1 und 203,7:1 gestatten eine weitgehende Anpassung an verschiedene Aufgaben.



Bild 3 Mit einer kleinen Metallhülse oder Schrumpfschlauch passen Sie das Ritzel an die Motorwelle an

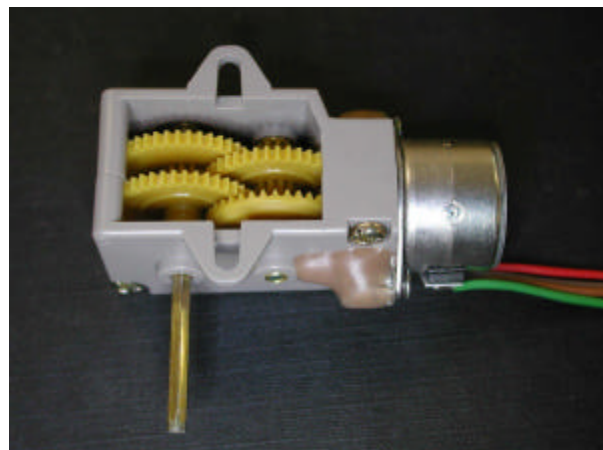


Bild 4 Beispiel für die Verwendung eines Getriebebausatzes von Tamiya (Tamiya # 70093)

3. Die Schaltung

Zunächst einmal, wir wollen einen Bipolar-Schrittmotor ansteuern. Wenn Sie den Bericht 018 gelesen haben, werden Sie wissen, dass solche Motoren (elektrisch) zwei Spulen haben und in der Regel mit 4 Anschlüssen auskommen. Zusätzliche Mittelabgriffe könnten auch einen unipolaren Betrieb ermöglichen, dann hätte ein solcher Motor 6 Anschlüsse. Ein Bipolar-Schrittmotor benötigt zum Betrieb eine für jede Wicklung umpolbare Ansteuerung. Daraus folgt, dass dies am besten mit einer Brückenschaltung zu realisieren ist. Erinnern Sie sich an die Ausführungen im Bericht 059 zur sogenannten H-Brücke für DC-Motoren, auch bei Bipolar-Schrittmotoren wird so etwas gebraucht. Der dort als Beispiel verwendete SN754410 eignet sich prinzipiell auch für unsere jetzige Aufgabe, er ist der H-Brücken-Treiber für die beiden Wicklungen unseres Schrittmotors. Wie wollen wir nun unseren Schrittmotor ansteuern? Zur Auswahl stehen mehrere Prinzipien, die alle Vor- und Nachteile haben:

- Die simpelste Methode ist die direkte Ansteuerung der beiden Spulen über die 4 Eingänge des SN754410, die ja logisch das Eingangssignal direkt an die Leistungsausgänge weiterreichen. Dieses Prinzip kommt ohne weitere Logik aus und hat den Vorteil, dass der Controller, in unserem Falle der BASIC-Tiger®, genau über den jeweiligen Zustand der Spulenbestromung „informiert“ ist. Das ist wichtig, wenn es um genaue Positionierung geht und keine Schritte „verloren gehen“ dürfen. Ein Nachteil ist, dass der BASIC-Tiger® im Motorbetrieb kaum Zeit für andere Dinge hat, als sich um die wechselnden Bitmuster für die Spulenzuschaltung zu kümmern. Ebenfalls nachteilig ist, dass alle zwischenzeitlichen Aktionen (Information an das LC-Display, unterschiedliche Rechenoperationen und Tasksprünge), Einfluß auf den Motorlauf haben. Das kann man im praktischen Betrieb hören! Nicht zuletzt brauchen wir mindestens vier Portleitungen.
- Etwas einfacher ist es, eine zusätzliche Logik zu verwenden, die die Bitmuster für die Spulen selbst ausrechnet und vom BASIC-Tiger® z.B. nur noch einen Takt und ein Richtungssignal bzw. zwei unterschiedliche Takte für vorwärts und rückwärts erwartet. Eine solche Lösung finden Sie z.B. im Applikationsbericht 018. Die Vorteile, der BASIC-Tiger® zählt ganz einfach vor oder rückwärts und es werden nur zwei Portleitungen gebraucht. Ein Nachteil soll aber nicht verschwiegen werden. Da die Logik die Spulen nur über Takte versorgt, gibt es beim Start (RESET, Power ON) eine Unklarheit - wie war die letzte Kombination der Spulenbestromung? Beginnt der neue Zyklus mit einer ganz anderen Kombination, gibt es undefinierte Sprünge des Motors beim Start. Keine gute Lösung für genaue Positionierungssysteme. In der Praxis hilft man sich mit Initialisierungsphasen, in der die Antriebe meist an einem Endschalter auf 0 gesetzt werden. Einmal in Betrieb, wird ein solcher Schrittmotor auch in den Arbeitspausen bestromt und hält damit seine Position exakt.
- Noch einfacher zu handhaben sind Hybridvarianten mit meist sehr komplexen ICs, die sowohl den Leistungsteil als auch einen recht aufwendigen Logikteil mitbringen. Solche ICs ermöglichen Mikroschrittbetrieb (dazu wird eine quasi sinusförmige Ansteuerung generiert), Chopperbetrieb (der Betriebsstrom wird getaktet und damit

speziell im Stand reduziert) sowie eine simple Ansteuerung wieder über einen einzigen Takt.

Wir entscheiden uns für die erste Variante, da mit dieser auf einfache Weise ein „Gedächtnis“ für die Bestromungssituation des letzten Schrittes realisiert werden kann. Schaltet man in den Bewegungspausen alle beteiligten Komponenten ab (Motor, Brücken-IC, BASIC-Tiger®), können vorher die Schrittzahl und die letzte Kombination der Spulenbeschaltung im Flash gesichert werden. Bei Betriebsbeginn stehen diese Daten wieder zur Verfügung und die exakte Position bleibt erhalten. Voraussetzung ist lediglich, dass keine mechanischen Kräfte den Antrieb verstellen (z.B. manuell oder Wind). Sind solche Einflüsse unvermeidbar, müssen selbsthemmende Getriebe, wie beispielsweise Schneckengetriebe verwendet werden.

Damit ist bereits das Schaltungskonzept klar. 4 Ausgänge (L80 – L83) des BASIC-Tigers® geben das Bitmuster an die Eingänge des SN754410, dort werden sie, logisch unverändert aber entsprechend leistungsverstärkt über die zugehörigen Ausgänge direkt an die beiden Spulen gelegt. Die beiden Enable-Eingänge des SN754410 können die Ausgangspaare hochohmig schalten und damit den Stromverbrauch drastisch reduzieren. Der SN754410 kann solche kleinen Motoren ohne Kühlung und Schutzdioden an den Ausgängen verkraften. Bei größeren Motoren und/oder höheren Betriebsspannungen bzw. –Strömen empfiehlt der Hersteller entsprechende Kühlmaßnahmen sowie zusätzliche externe Schutzdioden (Schottky!), die im Schaltbild als Option gestrichelt eingezeichnet wurden. Die Leistungsteile der Schaltung (Vcc2, GND und die Motoranschlüsse) sind verstärkt auszuführen und deshalb auch so gezeichnet. Insbesondere die GND-Anschlüsse dienen beim SN754410 als Kühlung, sie sind deshalb so großflächig wie möglich anzulegen. Die Leitungsfarben für den Motor und seine Ansteuerung gelten für den Motor P5341.

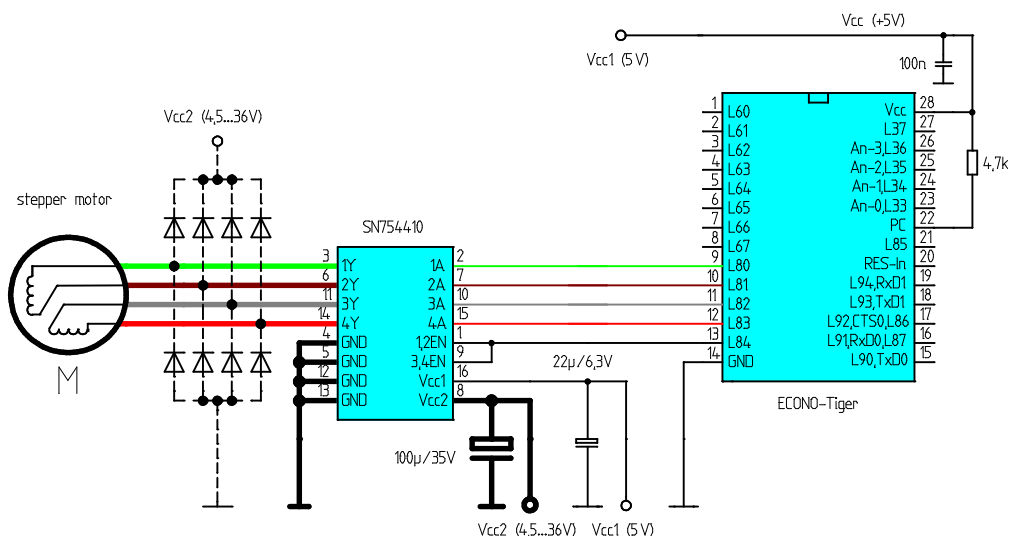
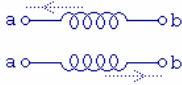
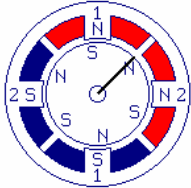

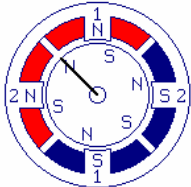

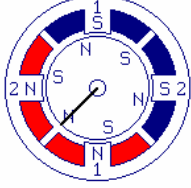
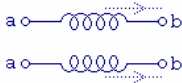
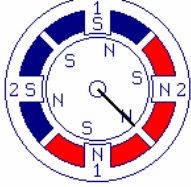

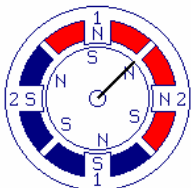


Bild 5 Die einfache Anbindung eines kleinen Schrittmotors über den SN754410 an einen ECONO-Tiger®. Hier sind nur die für den Schrittmotor relevanten Schaltungsteile dargestellt.

Zur besseren Verständlichkeit der gesamten Schrittmotor-Ansteuerung dient die Tabelle 1. Hier wurden für die 4 Schritte im Vollschrittbetrieb die Bitmuster am BASIC-Tiger®, die Polaritäten der Spulenanschlüsse sowie die schrittweise Drehung des Rotors schematisch dargestellt.

| Schritt-Nr. | Bitmuster L80-L83 | Ausgänge 754410 | | | | Grafische Darstellung der Abläufe im Motor, der Motor im Beispiel hat vier Vollschritte pro Umdrehung. |
|------------------------|-------------------|-----------------|----|---------|----|--|
| | | 1Y | 2Y | 3Y | 4Y | |
| | | Spule 1 | | Spule 2 | | |
| | | a | b | a | b | |
| 0 | 0110 | - | + | + | - | 1  2  |
| 1 | 0101 | - | + | - | + | 1  2  |
| 2 | 1001 | + | - | - | + | 1  2  |
| 3 | 1010 | + | - | + | - | 1  2  |
| 0 (nächster Zyklus) | 0110 | - | + | + | - | 1  2  |

Tab. 1 Die Abläufe im Vollschrittbetrieb. Teile der Motorgrafik wurden aus der sehr informativen Web-Seite von Douglas W. Jones abgeleitet und entsprechend modifiziert (<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/>)

4. Das BASIC-Tiger®-Programm STEP01.TIG

Nachdem die Schaltung fertig ist, wollen wir mit dem BASIC-Tiger®-Programm STEP01.TIG zunächst einmal prüfen, ob sie auch funktioniert. Ein erster Test soll den Motor nach dem Einschalten in einer Richtung mit einer zufälligen Anzahl von Schritten (1 bis 65536) loslaufen lassen. Dabei gewährleistet das Programm über entsprechende Pausenzeiten einen langsamen Anlauf sowie ein Abbremsen beim Erreichen der Zielposition. Nach einem kurzen Stop dreht er sich anders herum. Dabei ist die Anzahl der Schritte in beiden Richtungen gleich, und der Motor muss nach dem Rückwärtslauf wieder an derselben Stelle stehen bleiben. Wenn er das tut, ist fast alles gewonnen...

Auf einem eventuell angeschlossenen Display gibt das Programm am Ende jeder Bewegung die erreichte Schrittposition und die Anzahl der Durchläufe an. Während der Bewegung geht das nicht sehr gut, weil die zum Betreiben des Displays notwendigen Zeiten die Motorsteuerung stören würden.

Dennoch – etwas bleibt zu tun. Wir wollten eigentlich einen batteriegetriebenen Antrieb entwickeln, der in den Arbeitspausen keinen Strom verbraucht. Wie kommen wir dorthin? Ganz einfach, wir benutzen die Stromversorgungs-Schaltung aus dem Applikationsbericht 060. Dort hatten wir genau dieselbe Aufgabenstellung! Allerdings benutzen wir jetzt 4 Zellen (weil der ausgewählte Motor mit 4,8 V einfach besser läuft). Zum Starten benötigen wir wieder ein paar Tasten und einen CD4078. Da wir für bestimmte Anwendungen möglicherweise ein Display brauchen (z.B. um die erreichte Position unseres Antriebes anzuzeigen), bleiben beim ECONO-Tiger® nur noch wenige Portleitungen für diesen Zweck übrig, nämlich L85, L86 und L87. Die letzten beiden sind auch nur dann frei, wenn wir keine serielle Kommunikation benutzen. Wenigstens eine Taste und ein Verriegelungsausgang des BASIC-Tigers® sind nötig, um das Prinzip der Spannungszuschaltung über eine Taste wie im Bericht 060 zu realisieren. Werden für die Bedienung des Systems mehr Tasten gebraucht, kann auch beim ECONO-Tiger® auf das erweiterte Portsysteem mit der Möglichkeit einer kompletten Tastatur zurückgegriffen werden. Mit diesen so gewonnenen zusätzlichen Tasten lässt sich allerdings die Betriebsspannung nicht einschalten!

Und was passiert beim Ausschalten? Vielleicht haben Sie schon irgendwo gehört, dass Schrittmotoren nach dem Erreichen einer Position immer „unter Dampf“ bleiben müssen, um diese Position festzuhalten. Und, was Sie vielleicht auch kennen, der erste Schritt nach dem Einschalten ist bei ihnen mehr oder weniger vom Zufall abhängig. Dagegen haben wir etwas! Wir „merken“ uns beim Ausschalten die jeweils erreichte Schrittzahl im Flash, lesen diese nach dem Einschalten wieder aus und steuern den Schrittmotor genauso an, wie er beim Ausschalten angesteuert war. Das Programm STEP01.TIG demonstriert das nach jeder Vorwärts-Bewegung, die ENABLE-Eingänge des SN754410 werden inaktiv geschaltet. Damit reduziert sich der Strom aus der Vcc2-Quelle auf ca. 2 mA. Die Motorposition wird in den Flash geschrieben und nach kurzer Wartezeit wieder ausgelesen. Wenn man z.B. durch Schneckengetriebe äußere Einwirkungen auf den Antrieb minimiert, läuft der Motor genau dort weiter, wo er beim Ausschalten stehen geblieben ist. Sie können einen einfachen Dauertest durchführen, indem Sie ein kleines mechanisches Bandzählwerk direkt an den Motor ankoppeln (Bild 6). Nun können Sie mit STEP01.TIG viele tausend Schritte (Variable

„ende“) ausführen lassen und das viel tausendmal (Variable „q“), wenn Sie wollen. Kontrollieren Sie in den Pausen zwischendurch immer die Endpositionen. Sie werden feststellen, dass der Schrittmotor-Antrieb seine Position wirklich ohne Haltestrom festhält. Damit ist der Weg frei für diese elegante Variante.

Je nach Anwendung werden Sie nun so oder so Ihre Lösung finden. Falls nötig, benutzen Sie für kompliziertere Applikationen, bei denen Sie mehr I/O-Pins benötigen, vielleicht einen TINY- oder BASIC-Tiger® oder einen der vielen Erweiterungsbausteine.

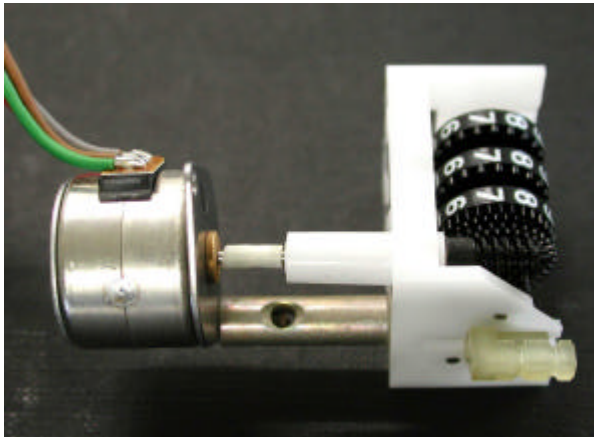


Bild 6 So können Sie die Wiederhol-Genauigkeit Ihres Motors in Abhängigkeit verschiedener Parameter testen (STEP01.TIG)

Viel Spaß beim Steppen!