

Robotertechnik und künstliche Intelligenz

Teil 2: Sensoren und Aktoren in der Roboterentwicklung



Elektronik und mehr

Nachdem im letzten Artikel die Grundlagen der Robotertechnik dargelegt wurden, soll es in diesem Beitrag um die Technologien gehen, die im Roboterbau eine Rolle spielen. Neben der klassischen Elektronik werden in der Robotertechnik tiefgehende Kenntnisse in

- der Sensortechnologie,
- der Mechanik und Elektromechanik,
- der Mikrocontrollertechnik
- und natürlich in der Programmierung benötigt.

Insbesondere die Sensortechnik hat in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte gemacht. Dadurch wurden Anwendungen wie etwa das autonome Fahren überhaupt erst ermöglicht.



Bild 1: Einfaches Roboterauge: Fototransistor BPW40

Sensoren: die sieben Sinne der Roboter

Sensoren zählen zu den wichtigsten Bauelementen in der Robotik. Sie erlauben es, den Maschinen zu sehen, zu hören und sogar in einem gewissen Sinne zu riechen. Einfache mechanische Sensoreinheiten erlauben es beispielsweise, Drehungen zu erfassen oder auch direkte Kollisionen zu vermeiden. Verschiedene Messaufnehmer gestatten es sogar, Umwelteinflüsse und Signale zu erfassen, die dem Menschen verborgen bleiben. So können etwa Infrarot- oder Ultraviolettensensoren Teil des optischen Spektrums wahrnehmen, die dem menschlichen Auge verborgen bleiben. Infrarotkameras erlauben sogar das Sehen in der Dunkelheit.

Darüber hinaus können verschiedene Sensoren die Sinnesorgane mancher hochentwickelter Tiere nachbilden. Ein Beispiel hierfür sind die bekannten Ultraschallwandler. Diese gestatten es entsprechend ausgerüsteten Systemen, sich ähnlich zu orientieren wie Fledermäuse in einer dunklen Höhle.

Optische Sensoren

Das Auge ist das wichtigste Sinnesorgan des Menschen und der meisten Tiere. Seine möglichst perfekte Nachbildung zählt daher zu den interessantesten Aufgaben der technologischen Forschung. Dabei steht nicht nur die Anwendung in der Robotik im Fokus. Vielmehr gibt es sogar Bestrebungen, das menschliche Auge technisch zu ersetzen und so etwa erblindeten Menschen das Augenlicht zurückzugeben. Eine hochinteressante Entwicklung ist hier in den letzten Jahren unter dem Stichwort „Retina-Implantate“ gestartet worden. Diese Sehprothesen gestatten es, stark sehbehinderten oder sogar vollkommen erblindeten Menschen wieder ein gewisses Sehvermögen zurückzugeben. Wenn der Sehnerv noch weitgehend intakt ist, kann ein entsprechendes Implantat die Netzhaut ersetzen und die elektrischen Signale einer speziellen Mikrokamera direkt in den Nerv einspeisen.

Aber natürlich gibt es auch wesentlich einfachere Sensoren, die in der Robotertechnik nutzbringend eingesetzt werden können. Zu den einfachsten optischen Sensoren zählen lichtabhängige Widerstände (LDRs für engl. Light Dependent Resistors) und Fotodioden. LDRs sollten in neueren Entwicklungen allerdings nicht mehr eingesetzt werden, da sie stark umweltschädliche Substanzen wie etwa Cadmiumsulfid- (CdS) oder Cadmiumselenidschichten (CdSe) enthalten. Aufgrund der RoHS-Richtlinien ist die Verwendung von Bauelementen, welche diese Gefahrstoffe enthalten, in Elektro- und Elektronikgeräten ohnehin inzwischen stark eingeschränkt. Im Hobbybereich sind sie allerdings immer noch häufig zu finden. Im Sinne eines umfassenden Umweltschutzes sollte man allerdings auch hier auf ihre Verwendung verzichten, insbesondere da der Einsatz moderner Fotodioden ebenso problemlos möglich ist.

Fotodioden oder -transistoren sind sehr preisgünstige und universell einsetzbare Komponenten. Neben der Messung von Umgebungshelligkeiten werden sie im Roboterbereich auch häufig zur Detektion von Hindernissen eingesetzt. Ein bekannter Fotosensor ist der BPW40 (Bild 1). Dieser wird sehr häufig sowohl im professionellen Bereich als auch in Hobbyanwendungen eingesetzt.



Oftmals werden optische Sensoren auch als Kollisionsdetektoren eingesetzt. Hierfür kommt meist das Prinzip der Reflexionslichtschranke zur Anwendung. Eine Leuchtdiode sendet Licht in Vorwärtsrichtung aus. Ein geeigneter Lichtsensor wird ebenfalls nach vorne ausgerichtet. Falls dem Roboter kein Hindernis im Weg steht, wird das Licht der Sendediode nicht im Empfänger registriert. Sobald jedoch eine Wand oder eine andere Hürde auftaucht, wird Licht reflektiert und am Fotodetektor erscheint ein Empfangssignal. Dieses kann ausgewertet werden und der Roboter kann entsprechend reagieren, indem er ausweicht oder rückwärts fährt oder einfach stehen bleibt.

Um den Einfluss von Umgebungslicht zu reduzieren, wird das Sendesignal meist mit einer bestimmten Frequenz moduliert. Nur wenn diese Modulationsfrequenz im Empfänger auftaucht, wird das Signal ausgewertet. Der Einfluss von Störquellen oder Umgebungslichtschwankungen kann so deutlich reduziert werden. Ein Nachteil der Methode ist allerdings, dass dunkle, schwarze oder durchsichtige Hindernisse kaum erkennbar sind. Diese Problematik kann mit Ultraschallsensoren (s. u.) umgangen werden. In professionellen Anwendungen werden häufig auch Radarsysteme eingesetzt, da diese höhere Reichweiten und eine präzisere Signalauswertung erlauben.

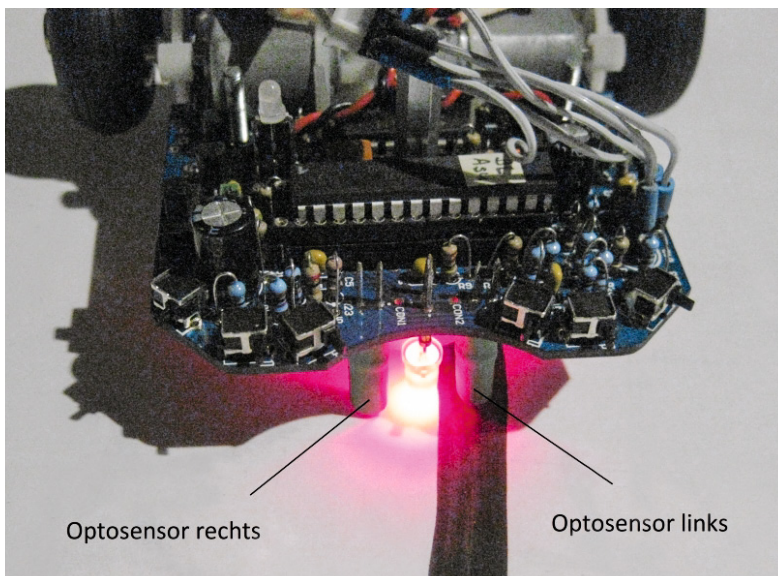


Bild 2: Sensoren für die Linienverfolgung

Eine weitere wichtige Anwendung von Fotosensoren gestattet es Roboterfahrzeugen, einer auf dem Boden aufgemalten Linie zu folgen. In dieser Anwendung soll der Roboter mithilfe von zwei Fototransistoren und einer Leuchtdiode selbstständig einer Linie folgen. Im Idealfall besteht die Strecke aus einer schwarzen Linie auf weißem Hintergrund. Diese Methode erlaubt es z. B. Lagerfahrzeugen, selbstständig ihren Weg durch riesige Hochregalhallen zu finden.

Für die Umsetzung dieser Aufgabe werden die benötigten Sensoren an der Vorderseite des Roboterfahrzeuges unterhalb der Hauptplatine angebracht (siehe Bild 2). Die Leuchtdiode sendet kontinuierlich Licht aus, das von der Strecke reflektiert wird. Die beiden Fototransistoren links und rechts neben der LED messen die Intensität des reflektierten Lichtes. Anhand der gemessenen Werte kann man die Antriebsmotoren so steuern, dass das Roboterfahrzeug der Linie folgt. Während der Roboter fährt, werden die Werte der beiden Sensoren dazu kontinuierlich ermittelt und die Geschwindigkeiten der beiden Motoren entsprechend angepasst.

Mithilfe einer Regelschleife kann die Linienverfolgung optimiert werden. Bei idealen Regelparametern kann das Fahrzeug auch engen Kurven und komplexen Linienverläufen problemlos und mit hoher Geschwin-

digkeit folgen. Die Geschwindigkeit und Präzision können sogar besser werden als bei einem von einem menschlichen Fahrer ferngesteuerten Fahrroboter.

Ultraschallsensoren

Zum weiten Gebiet der akustischen Sensoren zählen auch Ultraschallempfänger. Allerdings liegen die hier verwendeten Frequenzen nicht mehr im hörbaren Bereich. Dieser erstreckt sich von ca. 20 Hz bis etwa 20 kHz. Typische Ultraschallsysteme, wie sie bei Roboterfahrzeugen eingesetzt werden, arbeiten dagegen häufig mit 40 kHz. Die Entfernungsbestimmung erfolgt über die Schalllaufzeitmessung.

Für Distanzmessungen in mittleren Entfernungsbereichen, d. h. von einigen Zentimetern bis zu einigen Metern, sind Ultraschallmessgeräte sehr gut geeignet. Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt bei 20 °C ca. 343 m/s. Für eine Distanz von 1 m ergibt sich daraus eine Laufzeit von etwa 3 ms. Eine Zeit, die mit einem Mikrocontroller bequem und genau gemessen werden kann.

Die Anwendungsgebiete dieses Messverfahrens sind vielfältig. Auch die Durchfahrtshöhe einer Brücke kann damit einfach vermessen werden und durch Bestimmung von Längen und Breiten ist die Grundfläche eines Raums leicht zu berechnen.

Autonome Robotersysteme können mithilfe des Ultraschalls Hindernisse erkennen und beim Einparken ist der Abstand eines Fahrzeugs von einer Mauer zuverlässig bestimmbar. Bild 3 zeigt den Einsatz eines Ultraschallsystems bei einem kleineren Fahrzeug.

Sensoren für die Erfassung von Umweltdaten

Ein Roboterfahrzeug soll nicht nur selbstständig agieren können, sondern in vielen Anwendungen steht vor allem die Erfassung von Umweltdaten im Vordergrund. Hierfür gibt es vielfältige Möglichkeiten. Insbesondere Temperaturen und Luftfeuchtigkeit sind häufig von großem Interesse. So kann ein autonomes Fahrzeug, das mit entsprechenden Daten ausgestattet ist, verschiedene Räumlichkeiten bezüglich

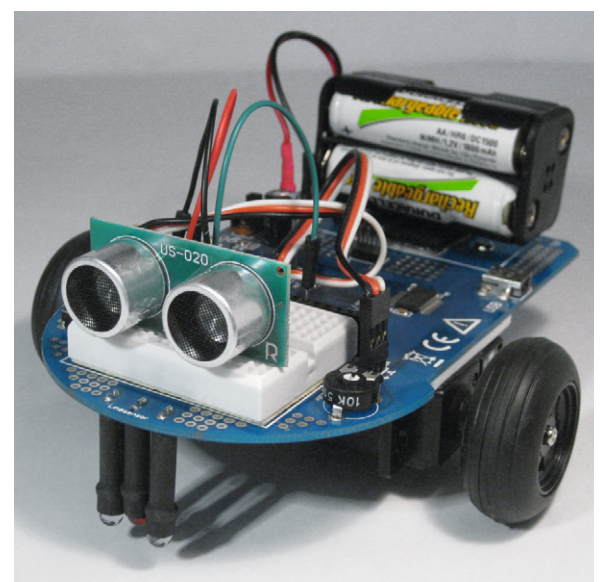


Bild 3: Ultraschallsensoren an einem Roboterfahrzeug

ihres Temperatur- oder Feuchteprofils vermessen. Dies kann zum Zweck der Energieeinsparung oder aber auch zur Vermeidung von Schimmelbildung etc. von größtem Interesse sein.

Noch bedeutender ist oft die Erfassung von Gaskonzentrationen. So kann man mit entsprechend ausgerüsteten Robotern ohne Gefährdung von Menschenleben explosionsgefährdete Umgebungen erkunden.

Für die Temperaturerfassung steht eine große Auswahl von Sensorvarianten zur Verfügung. Zunächst kann man hier zwischen analogen und digitalen Bauelementen unterscheiden. Die erste Gruppe reicht von einfachen NTC-Widerständen (Negative Temperature Coefficient) über kalibrierte Temperaturfühler bis hin zu integrierten Thermometern. Bausteine wie etwa der LM35-Temperatursensor liefern eine kalibrierte Ausgangsspannung, deren Wert direkt einer Temperatur in Grad Celsius entspricht. Der Skalenfaktor des LM35 beträgt $+10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ über den gesamten Messbereich von $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+150 \text{ }^\circ\text{C}$. Eine aufwendige Kalibration des Sensors ist also nicht erforderlich. Die Messgenauigkeit von $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ist für die meisten Anwendungsfälle ausreichend.

Digitale Temperatursensoren gehen noch einen Schritt weiter. Sie liefern keine analoge Ausgangsspannung, sondern bereits ein digitales Messsignal. Besonders Wandler mit einem I²C-Busanschluss wie etwa der LM75 haben in der Robotertechnik weite Verbreitung gefunden. Dieser Sensor liefert über einen Messbereich von $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+125 \text{ }^\circ\text{C}$ ein präzises I²C-Signal, das von jedem modernen Mikrocontroller direkt ausgewertet werden kann. Der ebenfalls weit verbreitete Typ DS18B20 dagegen arbeitet mit dem One-Wire-Bus. Dieser hat den besonderen Vorteil, dass er an einem Mikrocontroller nur einen einzigen Digitalport belegt. Man kann so ein ganzes Sensorarray mit lediglich einer einzigen elektrischen Datenleitung auslesen.

Im Bereich der Luftfeuchtemessung werden die DHT11- bzw. DHT22-Sensoren häufig eingesetzt. Diese Module enthalten neben den Sensoren selbst bereits die erforderlichen A/D-Wandler. Dadurch wird das Auslesen des Sensors sehr einfach. Es wird wieder lediglich ein einziger Datenpin benötigt, über den die Messwertinformationen übertragen werden. Der Sensor selbst besitzt vier Pins, die aber auf kommerziell erhältlichen Modulen bereits intern verschaltet sind, sodass nur noch drei Verbindungsleitungen zum Controller führen. Zudem enthält das Modul auch den erforderlichen Pull-up-Widerstand. Neben der Luftfeuchte liefern die Sensoren auch die aktuelle Temperatur.

Auch Gassensoren sind seit einiger Zeit dank vereinfachter Massenfertigung preisgünstig erhältlich. Die Erfassung von Gaskonzentrationen gehört zu den wichtigsten Anwendungen der Elektronik im Sicherheitsbereich. Die frühe Erkennung schädlicher Gaskonzentrationen kann Explosionen verhindern und Menschen vor dem Erstickungstod retten. Gassensoren gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Die verschiedenen Typen unterscheiden sich durch ihre Empfindlichkeit für verschiedene Gasarten.

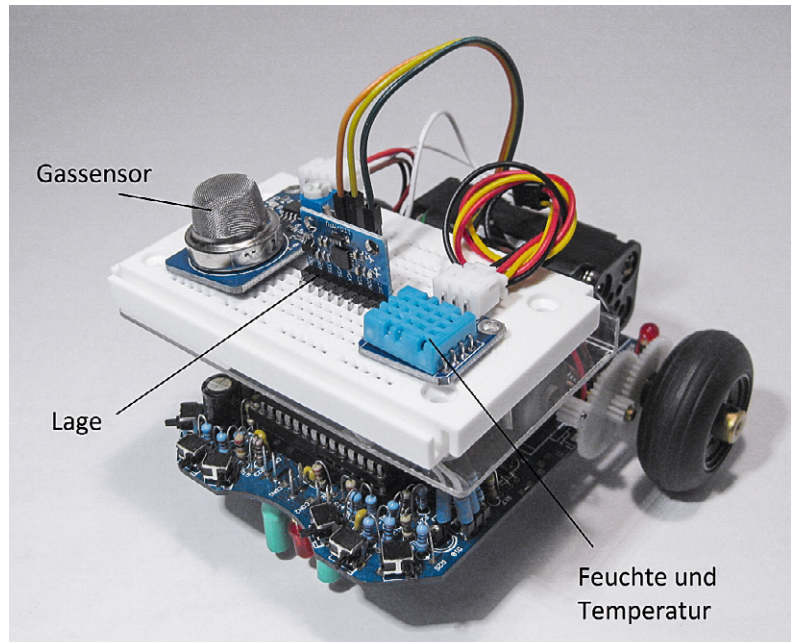


Bild 4: Mit verschiedenen Sensoren ausgerüstetes mobiles Roboterfahrzeug

Im Roboterbereich werden häufig Sensoren der MQ-X-Baureihe eingesetzt. Die Gassensoren sind sozusagen die elektronischen Nasen der Robotik. Sehr weit verbreitet ist der Typ MQ-2. Dieser weist eine hohe Empfindlichkeit für entflammbare Gase wie Methan oder Butan auf. Weitere Sensoren dieser Baureihe sind für Alkoholdämpfe, Ethanol, Wasserstoff oder Kohlenmonoxid optimiert. Auch für Flüssiggas, sogenanntes LPG, existieren hochempfindliche Sensoren. Die Abkürzung LPG steht dabei für „Liquified Petroleum Gas“ das häufig auch im Kfz-Bereich als Treibstoff verwendet wird. Zusätzlich reagieren einige Sensoren auch auf Rauch.

Da diese Sensoren interne Heizelemente enthalten, weisen sie einen relativ hohen Stromverbrauch auf. Dieser kann bis zu 160 mA betragen, was einer Leistungsaufnahme von ca. 800 mW entspricht. Gassensoren können daher eine erhebliche elektrische Last für die Stromversorgung eines mobilen Roboters darstellen. Das Messprinzip der Sensoren beruht auf einer Widerstandsveränderung im aktiven Bereich des Wandlers. Dringt Gas in die Sensormesskammer ein, so verändert sich der Widerstandswert des Sensors in Abhängigkeit von der aktuellen Gaskonzentration. Diese Widerstandsänderung kann über einen Spannungsteiler erfasst und am ADC-Eingang eines Mikrocontrollers ausgewertet werden. Bild 4 zeigt ein mit verschiedenen Sensoren ausgerüstetes Messfahrzeug.

Lage- und Positionssensoren

Zu einer anderen Kategorie gehört die Familie der Lage-, Positions- und Beschleunigungssensoren. Letztere werden häufig auch als Accelerometer bezeichnet und haben in weiten Bereichen der modernen Technik Anwendung gefunden. Zu den ersten Einsatzgebieten dieser Technologie zählen die Auslösemechanismen für Airbags in Kraftfahrzeugen. Elektronische Wasserwaagen und Digitalkameras bzw. Smartphones, die ihre Ausrichtung im Schwerfeld der Erde automatisch erkennen und ihre integrierten Bildschirme automatisch ausrichten, haben für eine weitere unaufhaltsame Verbreitung dieser kleinen Wunderwerke der Technik gesorgt. Es existieren verschiedene Möglichkeiten, Beschleunigungen zu messen. Beschleunigungssensoren wurden aber erst durch den Einsatz der MEMS-Technologie wirklich praktikabel. MEMS steht hier für „Micro Electro-Mechanical System“.

Im Spezialfall der Beschleunigungssensoren wird mit dieser Technik ein mikroskopisch kleiner Trägerstab hergestellt, der frei schwingend aufgehängt wird. An diesem Träger befindet sich ein kleines Plättchen,



das sich zwischen zwei Kondensatorplatten nahezu reibungslos bewegen kann. Dadurch entstehen zwei sehr kleine Kondensatoren. In horizontaler Ruhelage befindet sich das Plättchen in der Mitte zwischen den beiden festen Kondensatorplatten.

Wird der Aufbau beschleunigt oder im Schwerfeld der Erde gedreht, kommt es zu einer Auslenkung des Trägerstabes und damit zu einer Verschiebung des Plättchens. Die beiden Teilkondensatoren verändern damit ihre Kapazität. Diese Kapazitätsänderung wird mithilfe eines elektronischen Wandlers gemessen. Beschleunigungsmesser enthalten neben der MEMS-Einheit meist auch bereits die gesamte Messelektronik, zusammengefasst in einem einzigen IC-Gehäuse. An einem Pin des ICs wird eine Spannung zur Verfügung gestellt, deren Größe proportional zur gemessenen Beschleunigung bzw. zur relativen Lage im Erdschwerfeld ist.

Mithilfe von Lagesensoren können autonome Fahrzeuge in unwegsamem Gelände davor geschützt werden, sich zu stark auf eine Seite zu neigen oder gar umzustürzen. Von besonderer Bedeutung sind die Maßnahmen im Bereich der Weltraumforschung. So bleiben etwa Marssonden wie der Sojourner auch in steil abfallendem oder geneigtem Gelände immer sicher auf ihren Rädern stehen. Ein Umfallen des Fahrzeuges würde in diesem Falle zu einer Katastrophe führen.

Eine besondere Bedeutung haben Lagesensoren auch für sogenannte selbstbalancierende Fahrzeuge. Ein bekanntes Beispiel ist der Segway Personal Transporter, ein elektrisch angetriebenes Einpersonenzug mit zwei auf derselben Achse liegenden Rädern. Mittels Lagesensoren und einer elektronischen Antriebsregelung hält der Transporter selbstständig seine Balance. Daneben existiert eine Vielzahl von selbstbalancierenden Roboterprojekten, die in verschiedenen Anwendungen zum Einsatz kommen. Neben den klassischen Varianten mit zwei Rädern auf einer Achse wurden auch bereits Systeme verwirklicht, die lediglich auf einem einzigen Kugelrad balancieren.

Daneben werden Beschleunigungssensoren häufig auch für andere Aufgaben im Robotikbereich eingesetzt, oft zum Steuern von Servo- oder Schrittmotoren. Für den einfachen Einsatz der Sensoren werden dazu sogenannte Break-out-Boards angeboten, auf denen der Sensor fertig montiert ist. Über passende Steckverbindungen kann der Sensor dann mit einem Analogeingang eines Controllers verbunden werden. Dieser übernimmt dann die Ansteuerung der Motoren des Roboters.

Motoren und Servos bewegen die Welt der Roboter

Neben den Sensoren sind Aktoren die wichtigsten Grundelemente der Robotik. Sie bilden sozusagen das Gegenstück zu den Messwertaufnehmern und erlauben Maschinen, Einfluss auf ihre Umwelt zu nehmen. Im weitesten Sinne sind auch Heizelemente oder Leuchtmittel wie etwa LEDs Aktoren, da auch diese Bauelemente ihre Umwelt beeinflussen. So können etwa LED-Scheinwerfer Licht ins Dunkel bringen oder Peltierelemente ihre Umgebung erwärmen oder abkühlen.

Im engeren Sinne versteht man unter Aktoren allerdings vorwiegend mechanische Stellelemente und Motoren. Diese werden neben dem Antrieb von Fahrzeugen auch in Roboterarmen oder Positionierungssystemen eingesetzt.

Bei Motoren unterscheidet man mehrere Hauptkategorien:

- Gleichstrommotoren
- Schrittmotoren
- Servosysteme

Gleichstrommotoren finden hauptsächlich im Antriebsstrang mobiler und autonomer Fahrzeuge Verwendung. Dort zeichnen sie sich durch einfache Steuerbarkeit, hohe Leistung und hervorragendes Drehmoment aus. In der Robotik werden oftmals Einheiten mit mechanischer Untersetzung verwendet, damit der Motor selbst im optimalen Drehzahlbereich arbeiten kann, ohne dass das Fahrzeug zu hohe Geschwindigkeiten erreicht. Zudem ist mit untersetzten Motoren eine sehr genaue Fahrzeugpositionierung erreichbar.

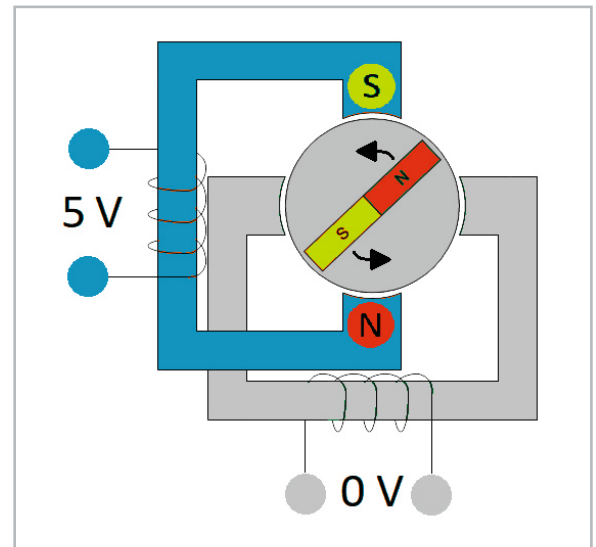


Bild 5: Aufbau eines bipolaren Schrittmotors

Schrittmotoren sind wesentlich universeller einsetzbar als gewöhnliche Gleichstrommotoren. Sie lassen sich auch ohne Getriebe sehr präzise positionieren und eignen sich so hervorragend für Einsätze im Bereich elektromechanischer Steuerungen. Daher kommen sie auch in der Robotertechnik häufig zum Einsatz.

Allerdings ist die Ansteuerung von Schrittmotoren, die häufig auch als „Stepper“ bezeichnet werden, deutlich komplexer als der Betrieb eines einfachen Gleichstrommotors. Anders als ein Gleichstrommotor besitzen Schrittmotoren mindestens vier Anschlussleitungen. Die Anzahl der Anschlüsse hängt von der Bauart ab. Grundsätzlich kann man zwei Motortypen unterscheiden:

- bipolare Motoren
- unipolare Motoren

Unipolare Motoren haben meist sechs Anschlüsse. Ihr interner Aufbau ist etwas komplexer und soll hier nicht weiter betrachtet werden.

Bipolare Schrittmotoren dagegen besitzen zwei Spulen mit jeweils zwei getrennten Anschlüssen. Damit ergeben sich insgesamt vier Anschlüsse. Bild 5 zeigt den internen Aufbau eines solchen Motors.

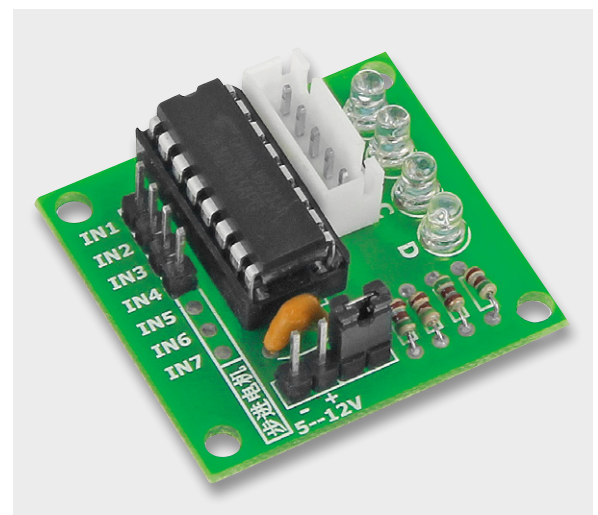


Bild 6: Schrittmotor-Treiber-Modul mit ULN2003

Für den Betrieb des Motors werden die einzelnen Spulen nacheinander unter Strom gesetzt, sodass ein sogenanntes Drehfeld entsteht. Die Erzeugung des Drehfeldes kann problemlos von einem Mikrocontroller übernommen werden.

Die Stromaufnahme eines Schrittmotors liegt im Allgemeinen bei über 100 mA und kann bis zu mehreren Ampere betragen. Daher ist für ihren Betrieb ein sogenannter Steppertreiber erforderlich. Für kleinere Leistungen werden häufig Bausteine wie der ULN2003 (Bild 6), der L293 oder für höhere Leistungen der L298 eingesetzt.

Um den Motor kontinuierlich mit einem elektrischen Drehfeld zu versorgen, muss der Mikrocontroller eine vierstellige Bitfolge ausgeben. Die zugehörige Signalabfolge sieht so aus:

Schritt	A	B	C	D
1	1	0	1	0
2	0	1	1	0
3	0	1	0	1
4	1	0	0	1

Für eine kontinuierliche Motordrehung wird diese Schrittfolge in eine Schleife eingebunden. Der Schleifenindex gibt dann die Zahl der Schritte an. Mit dieser Methode kann mit hoher Präzision festgelegt werden, wie weit sich ein Schrittmotor dreht. Da die Anzahl der Schritte für eine volle Umdrehung



Bild 7: Schrittmotoren



Bild 8: Modellbauservo

bekannt ist, kann so auch berechnet werden, wie viele Schritte notwendig sind um eine bestimmte Anzahl von Motorumdrehungen zu erreichen.

Neben Schrittmotoren (Bild 7) sind auch sogenannte Servos zur präzisen Steuerung von mechanischen Systemen gut geeignet. Auch Servos enthalten einen Motor mit Getriebe. Ihr Funktionsprinzip unterscheidet sich allerdings von dem eines Schrittmotors.

Im Gegensatz zum Stepper besteht ein Servo aus einer Elektronikeinheit zur Auswertung des Steuerungssignals, einem Gleichstrommotor und einem Potentiometer. Über das Potentiometer wird die aktuelle Position der Drehachse des Motors bestimmt. Die Servoelektronik vergleicht das Steuerungssignal des Servos kontinuierlich mit der aktuellen Position des Motors. So ergibt sich ein Regelkreis, der eine sehr genaue Steuerung des Servos ermöglicht.

Servos werden häufig im Modellbau verwendet. In praktisch allen ferngelenkten Flug- oder Schiffsmodellen, aber auch in Landfahrzeugen können alle Steueraufgaben damit erledigt werden. In der Robotertechnik hat die Servotechnologie darüber hinaus in letzter Zeit ein hochinteressantes neues Anwendungsgebiet erobert.

Die Ansteuerung von Modellbauservos (Bild 8) erfolgt über spezielle, weitgehend genormte Signale. Die verwendete Signalform ist ein Spezialfall der sogenannten Pulsweitenmodulation oder kurz PWM. Die zeitliche Länge eines Einzelpulses steuert die Servoposition mit hoher Präzision.

Die Grundfrequenz des Signals beträgt etwa 50 Hertz, d. h., die Pulse haben einen zeitlichen Abstand von ca. 20 ms. Dieser Wert muss jedoch nicht sehr genau eingehalten werden.

Die eigentliche Information liefert die Pulsweite des Steuerungssignals. Diese darf minimal eine und maximal zwei Millisekunden betragen. Diese Werte entsprechen den Maximalausschlägen. Die Mittelstellung eines Servos wird bei einer Pulslänge von 1,5 ms erreicht. Allerdings weichen einige Servohersteller von diesen Normwerten ab. In diesem Fall sind die Pulsdauern entsprechend anzupassen.

Auch die Drehrichtung eines Modellbauservos ist nicht herstellerunabhängig festgelegt. Viele Servos drehen bei kürzer werdenden Pulsen nach links, bei längeren nach rechts. Bei einigen Herstellern ist die Drehrichtung jedoch entgegengesetzt. Bild 9 zeigt die Pulsdiagramme für Standardservos und die zugehörigen Stellungen des Servoarms.

Servomotoren werden häufig in Roboterarmen eingesetzt. Dort steuern sie die einzelnen Gelenke. Hier ist ihre genaue Positionierbarkeit von besonderer Bedeutung. Nur bei einer sehr präzisen Zuordnung von Steuerungssignal und mechanischer Position kann ein solcher Arm exakt bewegt werden. Da größere Bewegungsbereiche abgedeckt werden müssen, würde es bereits bei geringen Stellfehlern zu erheblichen Abweichungen in der Armposition kommen. Ein präzises Greifen von Gegenständen oder die genaue Führung von Werkzeugen wäre dann nicht mehr möglich.

Servogesteuerte Roboterarme sind seit einiger Zeit auch in hoher Qualität für nichtprofessionelle



Anwendungen verfügbar. Ein Beispiel ist der Joy-it Roboterarm Grab-it, der als Bausatz verfügbar ist (siehe Abschnitt „Empfohlenes Material“ am Ende des Artikels). Dieser Arm (siehe Bild 10) verfügt über sechs Servos und kann damit bereits recht umfangreiche Aufgaben übernehmen.

Idealerweise sollten Servos mit einer separaten Versorgungsspannung betrieben werden. Werden Servo und Controller aus der gleichen Spannungsquelle versorgt, kann es zu Störungen kommen. Ein Zittern des Servoarms oder das unerwünschte Anfahren von extremen Positionen sind Hinweise auf eine unzureichende Spannungsversorgung.

Der simultane Betrieb mehrerer stärkerer Servos kann schnell einige Ampere erfordern. Ein entsprechend dimensioniertes Netzteil sowie größere Stützkondensatoren (z. B. 1000 Mikrofarad, 15 V) leisten hier gute Dienste.

Die Anschlussleitungen handelsüblicher Servos sind folgendermaßen belegt und farblich codiert:

Anschluss	Farbcodierung
GND	Braun oder schwarz
Positive Versorgungsspannung (meist +5 V ... +6 V)	Rot
Signal	Orange oder Weiß (selten auch andere Farbe)

Servomotoren sollte man nicht zu weit aussteuern. Einige Typen verfügen nur über einen Stellbereich von bis zu +/- 45° relativ zur Mittelposition. Wird ein Servo über seinen maximalen Stellbereich hinaus betrieben, so kann er beschädigt werden, da das interne Getriebe in die Anschlagposition fährt. Genauere Informationen dazu finden sich im Datenblatt zum jeweiligen Servo.



Bild 10: Über sechs Servos gesteuerter Roboterarm

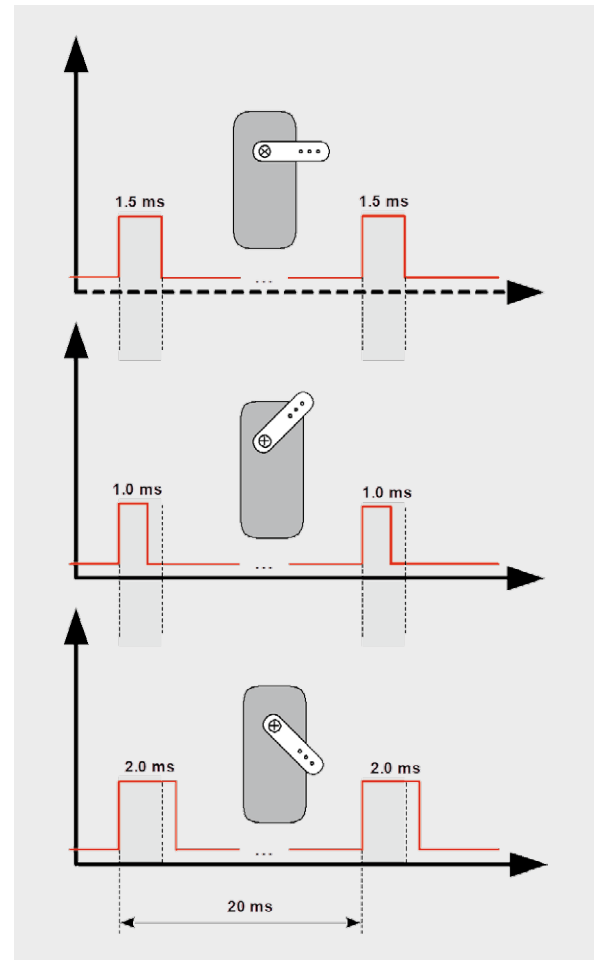


Bild 9: Servosignal und zugehörige Position des Ruderhorns

Ausblick

Nachdem in diesem Artikel genauer auf die Sensoren und Aktoren für Roboteranwendungen eingegangen wurde, soll im nächsten Beitrag die Softwaretechnik im Vordergrund stehen.

Anhand verschiedener Beispiele wird erläutert, wie modernen Robotern ein gewisses Maß an Intelligenz verliehen wird. Steuerungen und Regelkreise sorgen so etwa dafür, dass ein Roboterfahrzeug einer auf dem Boden aufgemalten Linie folgen kann. Komplexere Algorithmen erlauben zweibeinigen Robotern den aufrechten Gang.

Bild- und Mustererkennungsverfahren sind inzwischen so weit fortgeschritten, dass sie entsprechend ausgerüsteten Robots zu nahezu unglaublichen Leistungen verhelfen. So ist es inzwischen möglich, multifunktionalen Robotern das simultane Fangen von mehreren Bällen beizubringen – eine Leistung, die die Fähigkeiten des Menschen bereits deutlich überschreitet. **ELV**

Empfohlene Produkte

Empfohlene Produkte	Best.-Nr.
Arexx-Asuro-Minirobter ARX-03	CX-09 73 14
Joy-it-Roboterarm Grab-it, Bausatz	CX-13 32 85
Velleman-Roboterbausatz Allbot VR408	CX-12 26 15