

Abstände per Infrarot messen

Mit diesem letzten Abschnitt dieses Kapitels verlasse ich die rein digitale Welt und stelle erstmals einen Sensor mit analogem Ausgang vor. Eine Ortsmessung eines Lichtpunktes, und damit eine Abstandsmessung, ist mittels einer langgestreckten Fotodiode möglich. Hierfür können Schottky-Dioden bis zu einer Länge von etwa 25 cm hergestellt werden. Derartige Sensoren werden „Position Sensitive Device“ (PSD) genannt.

Fällt ein Lichtpunkt auf die Diode, so teilt sich der Fotostrom entsprechend der Position des Punktes in zwei Teile (I_1 und I_2 in Bild 2.18). Durch die Normierung auf den Gesamtstrom wird das Positionssignal unabhängig von der einfallenden Lichtstärke. Im Gegensatz zu Pixelelementen (z. B. einem CCD-Sensor) ist beim PSD die Auflösung nicht durch die Pixelgröße limitiert und es ist auch keine rechnerische Bildanalyse nötig. Auch sind Form und Größe des Lichtpunktes relativ unerheblich.

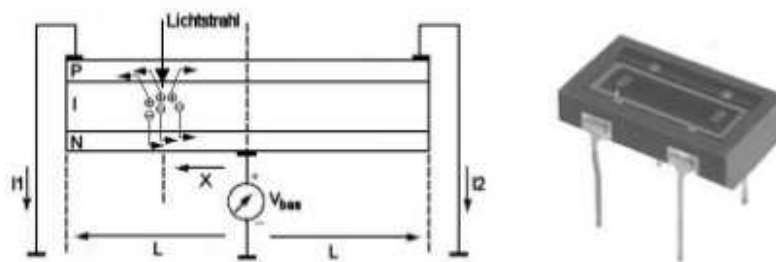


Bild 2.18: Arbeitssprinzip eines PSD (links) und ein typischer PSD-Baustein (rechts)

Aus dem Quotienten von Differenz und Summe der beiden Ströme erhält man ein von der Lichtleistung unabhängiges Positionssignal. Für einen zweidimensionalen PSD wie in Bild 2.18 gilt dann:

$$X = L * \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \quad (2.5)$$

Die schaltungstechnische Realisierung der oben angegebenen Gleichung wäre relativ aufwendig, weshalb die PSD-Sensoren in der Regel als System mit entsprechendem Analoginterface angeboten werden. Das Blockschaltbild 2.19 zeigt das Schaltungsprinzip eines Sensors. Mit Flächensensoren ist sogar eine zweidimensionale Messung möglich. Durch Modulation der Lichtquelle des PSD lassen sich fremde Lichtquellen ausblenden.

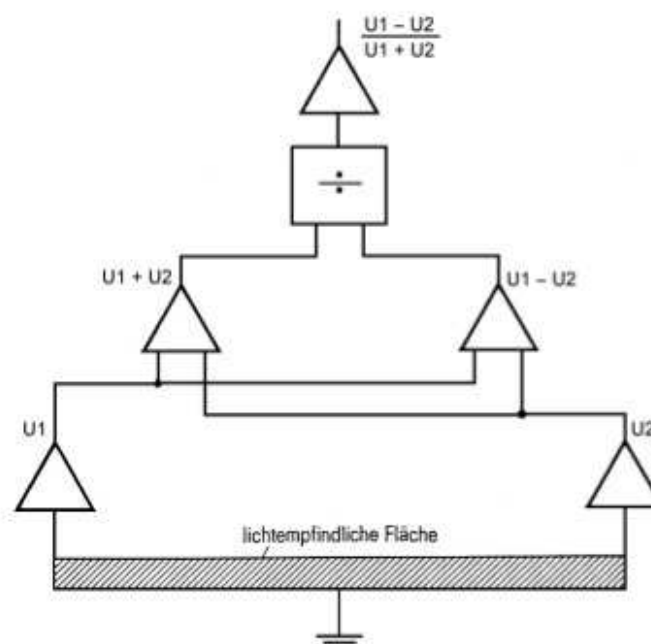


Bild 2.19: Schaltungsprinzip zur Ortsbestimmung

Die Firma Sharp hat eine Serie von Bausteinen entwickelt, mit deren Hilfe sich recht genau Entfernungen messen lassen. Das Messergebnis ist nahezu unabhängig von der Farbe und Helligkeit des gemessenen Objektes. Die Ansteuerung ist relativ einfach, der Sensorausgang kann zum Beispiel direkt an den Eingang eines Analog-Digitalwandlers angeschlossen werden.

Anwendungsbeispiele sind Händetrockner, die automatische Toilettenspülung, Türöffner, Alarmanlagen, Wasseraufbereitung und anderes. Die Sensoren sind auch unter den Roboter-Bastlern weit verbreitet, um das Anstossen eines mobilen Roboters an Hindernisse im Weg zu vermeiden. Sie ermöglichen Abstandsmessungen zwischen 10 und 80 cm. Die Besonderheit besteht in der einfachen Ansteuerung. Diese besteht nur aus der Stromversorgung und einem Ausgangs-Signal.



Bild 2.20: Sharp Entfernungssensor GP2D12

Die Sensoren arbeiten nach dem Triangulationsprinzip, also wie schon die historischen Verfahren der Landvermessung. Der Sensor besteht aus Sender und Empfänger, die im Abstand von ca. 20 mm angeordnet sind (Bild 2.20). Der Sender sendet einen durch eine Präzisionsoptik scharf gebündelten Infrarotstrahl aus, der vom Hindernis reflektiert wird. Der Winkel des reflektierten Signals variiert mit dem Abstand zwischen Sensor und Objekt. Das reflektierte Licht passiert im Empfangsteil wieder eine Optik, die den Strahl punktförmig auf der fotoempfindlichen Schicht des Sensors fokussiert. Der Fotodetektor ist das Herzstück des Sensors, er nennt sich „PSD“ (Position Sensitive Device). Jede Änderung des Abstands zwischen Sensor und Objekt führt zu einer Verschiebung des Lichtflecks auf dem PSD. Der Empfänger setzt den Auftreffpunkt in einen analogen Spannungswert um (Bild 2.21 links). Die Messung erfolgt etwa alle 50 ms.

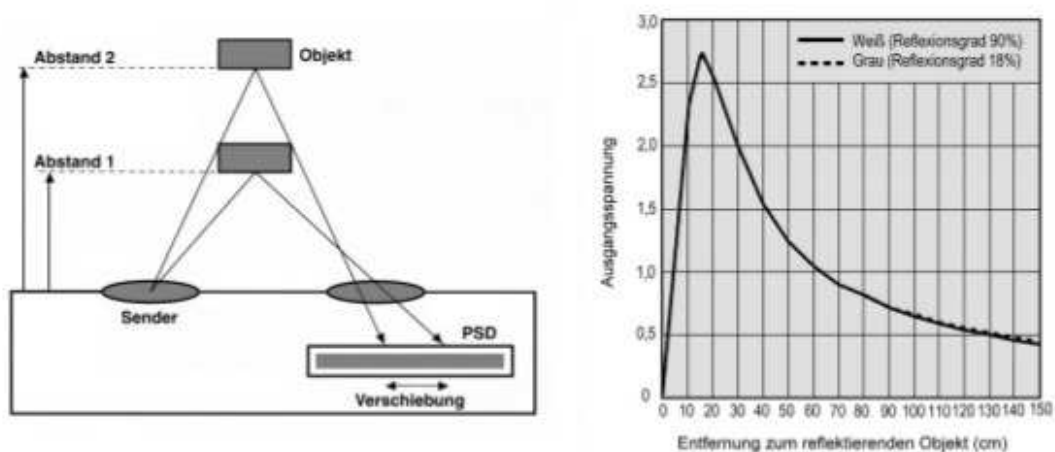


Bild 2.21: Prinzip der Triangulation und Verhältnis zwischen Ausgangsspannung und Entfernung beim GP2Y0A02YK

Die Vorteile der Sensorfamilie liegen zum einen in der relativen Unempfindlichkeit gegenüber reflektierenden Materialien und Farben und zum anderen in der breit gefächerten Bausteinauswahl. Einige der beliebtesten Bausteine sind:

Sensor	Distanz	Ausgang
GP2D120	4...30 cm	analoge Spannung
GP2D12	10...80 cm	analoge Spannung
GP2YA21YK	10...80 cm	analoge Spannung
GP2Y0A02YK	20...150 cm	analoge Spannung
GP2D02	10...80 cm	8 Bit digital
GP2D150	3...30 cm	1 Bit digital

Die Nachteile der Sharp-Sensoren seien nicht verschwiegen: Die Ausgangsspannung ist nicht linear (insbesondere bei nahen Objekten), die Bausteine haben einen relativ hohen Stromverbrauch (mit Strom-Peaks), und es gibt bei den Messungen mitunter einzelne Ausreißer, also empfiehlt sich eine Mehrfachmessung.

Insbesondere die Nichtlinearität kann Probleme bereiten. Bild 2.21 zeigt rechts die Kurve des GP2Y0A02YK. Von ca. 15 cm bis 150 cm fällt die Kurve zwar stetig, aber eben nicht linear. Noch viel schlimmer ist es mit dem Bereich von 0 bis 15 cm, hier fällt die Kurve zwar ebenfalls, aber in der „anderen Richtung“. Es kann also nicht zwischen einer Entfernung von beispielsweise 10 cm und 30 cm unterschieden werden. Abhilfe kann hier ein zusätzlicher Sensor für die Umgebungshelligkeit bringen. Ist ein Objekt ganz nahe vor dem GP2Y0A02YK, wird der Umgebungslicht-Sensor stärker abgedunkelt. So kann ermittelt werden, ob der ansteigende oder der abfallende Teil der Kennlinie verwendet werden muss.

Da die Abstandssensoren keine linearen Werte liefern, muss darauf im auswertenden Programm reagiert werden. Eine einfache Möglichkeit wäre eine Linearisierung der Kurve im relevanten Bereich, d. h. man legt eine Gerade möglichst passend durch die Kurve – am besten so, dass man bei doppeltem Abstand auch einen etwa doppelt so hohen Ergebniswert erhält. Die folgende Formel leistet das Gewünschte, wobei sogar individuelle Werte eines jeden Sensors berücksichtigt werden können. Für den Ausgabewert des Sensors X ergibt sich die Distanz D aus der Geradengleichung:

$$D = \frac{A}{X - B} \quad A = \text{Steigung}, B = \text{Nullpunktverschiebung der Geraden} \quad (2.6)$$

Die für jeden Sensor individuellen Konstanten A und B werden wie folgt ermittelt:

$$A = \frac{(X_2 - X_1) * (D_2 * D_1)}{D_1 - D_2} \quad B = \frac{(D_2 * X_2) - (D_1 * X_1)}{D_2 - D_1} \quad (2.7)$$

Dabei sind:

- D_1 : Entfernung der ersten Messung (min. Entfernung)
- X_1 : Spannungswert der ersten Messung
- D_2 : Entfernung der zweiten Messung (max. Entfernung)
- X_2 : Spannungswert der zweiten Messung

Um die analoge Spannung der Sensoren in eine Entfernung umzurechnen, kann man auch versuchen, die Kurve durch mehrere Geradenstücke zu interpolieren. Mit Hilfe des Datenblattes oder etlicher Testmessungen kann man nach obigem Muster Tabellen erstellen, die dann eine noch genauere Berechnung der Entfernung zulassen. In diesem Fall wird nicht im gesamten Messbereich interpoliert, sondern jeweils im passenden Teilabschnitt. Abschließend noch einige wichtige Hinweise für den elektrischen Anschluss des Sensors:

- Nach Möglichkeit sollte man vermeiden, dass der GP2D12 in direkten Kontakt mit den Lötstellen bzw. Leiterbahnen der Platine oder anderen leitenden Teilen des Geräts kommt. Das Gehäuse ist nicht perfekt isolierend (vermutlich um statische Ladungen abzuführen).
- Die Stromversorgung muss unbedingt mit zwei parallel geschalteten Kondensatoren 100 μF und 100 nF möglichst nahe den Versorgungsanschlüssen des Sensors abgeblockt werden. Noch günstiger wäre es, jedem Sensor seinen eigenen Spannungsregler zusätzlich zu den Kondensatoren zu spendieren.
- Der Sensor hat ein sehr enges Messfeld (etwa $1,4^\circ$ in beiden Achsen). Allerdings ist der Abstrahlwinkel der eingebauten Leuchtdiode viel größer. Betreibt man mehrere Sensoren parallel, entsteht ein unruhiges Ausgangssignal (Schwebung, Interferenz).

In diesem Kapitel nicht erwähnt wurden noch speziellere optische Sensoren. So kann beispielsweise das PSD-Prinzip auf zwei Dimensionen ausgedehnt werden. Das reflektierte Licht fällt dann nicht auf einen linearen Sensor, sondern auf einen quadratischen.

Auch bei Lichtleitern kommen bei analoger und digitaler Informationsübertragung LEDs und Photosensoren zum Einsatz – so verwenden hochwertige Hifi-Anlagen Glas- oder Kunststofffasern zur Kopplung der einzelnen Komponenten. Ein weiteres Beispiel ist die berührungslose Temperaturerfassung, die über die Messung von Wärmestrahlung erfolgt, für Temperaturen über 100 $^\circ\text{C}$ eignen sich PbS-Fotoleiter, für Temperaturen über 600 $^\circ\text{C}$ Si-Fotodioden.