

Pyrosensor

Dank abgestrahlter Wärme lassen sich Personen erkennen

08.04.15 | Autor / Redakteur: Thomas Wolf * / Hendrik Härter



Personen erkennen: Ein Pyrosensor reagiert auf Wärme und Bewegung. Das macht ihn für unterschiedliche Einsatzgebiete interessant. (Endrich Bauelemente)

Ein Pyrosensor erkennt bewegte Objekte an der abgestrahlten Wärme. Das macht ihn gerade für die Personenerkennung interessant. Wir zeigen Ihnen im Text den Aufbau sowie die Vorteile des Detektors.

Längst sind Sensoren zur Personenerkennung nicht nur in Treppenhäusern und Hauseingängen zum automatischen Einschalten der Beleuchtung anzutreffen. Mittlerweile werden solche Sensoren auch in der Sicherheitstechnik zur

Raumüberwachung, zur Aktivierung von Displays in Hausgeräten oder zur intelligenten Steuerung des Raumklimas verwendet.

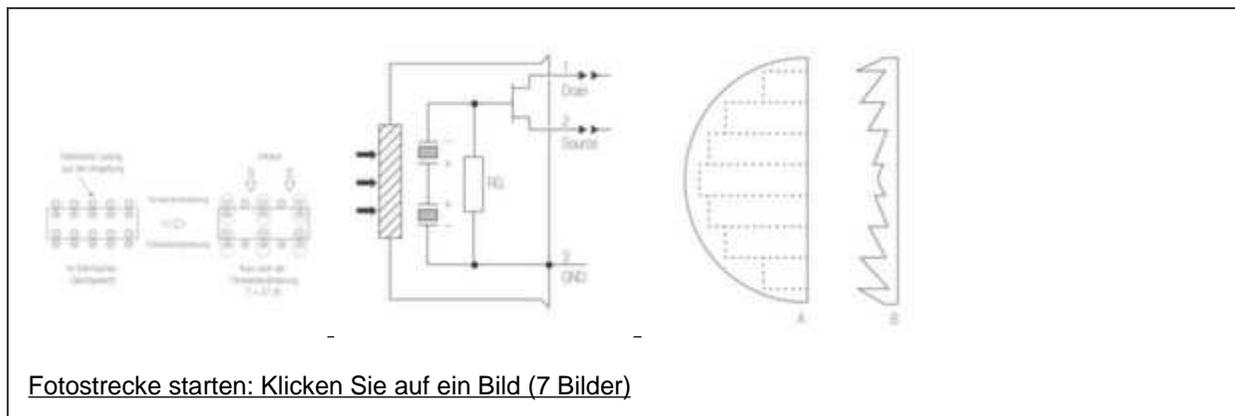
Als Messprinzipien kommen grundsätzlich berührungslose Temperatursensoren, sogenannte Thermopiles, Kameramodule mit nachgeschalteter Bildverarbeitung, Radarsensoren, Ultraschallsensoren und Pyrosensoren in Frage. Die einfachste und kostengünstigste Technik ist der auf Pyrosensoren basierende Bewegungsmelder. Dieser erkennt Objekte, die sich hinreichend schnell bewegen und Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 9,4 μm abstrahlen. Das kann beispielsweise eine Personen

sein.

Wie ein Pyrosensor seine Umgebung wahrnimmt

Im folgenden Text wird zunächst auf das Funktionsprinzip der Pyrosensoren des Herstellers Nippon Ceramic eingegangen. Erklärt wird, wieso der Sensor nur bewegte Objekte detektieren kann. Dabei wird diskutiert, welche Rolle Fresnellinsen spielen, die für die Funktion der Sensoren von elementarer Bedeutung sind. Anschließend wird die neueste Generation der Pyrosensoren mit digitalem Ausgang vorgestellt, mit deren Hilfe Bewegungsmelder sehr einfach aufgebaut werden können. Schließlich wird erklärt, welche Eigenschaften der Pyrosensoren für eine gegebene Applikation wichtig sind.

BILDERGALERIE



Das Herzstück der Pyrosensoren, der auch PIR- (Passiv-InfraRot-)Sensor genannt wird, bildet das pyroelektrische Element. Pyroelektrische Materialien weisen an ihrer Oberfläche eine permanente elektrische Polarisierung auf, die in der Regel durch in der Umgebung vorhandene geladene Teilchen und die intrinsische Leitfähigkeit des Materials kompensiert wird. Das Bild 1 zeigt das pyroelektrische Element jeweils vor und nach der Erwärmung. Nur wenn sich die Polarisierung ändert, sind kurzzeitig an der

Oberfläche freie Ladungen und damit eine Spannung messbar, bis erneut ein Ladungsausgleich stattgefunden hat. Die Zeitkonstante für diesen Ausgleich liegt bei einer Sekunde. Eine solche Änderung der Polarisierung des Elements wird durch die Längenausdehnung aufgrund von Erwärmung verursacht.

ERGÄNZENDES ZUM THEMA

- ▼ Die Vor- und Nachteile eines Pyrosensors
- ▶ Die Vor- und Nachteile eines Pyrosensors

Pyrosensoren weisen gegenüber anderen Sensor-Techniken wie Radarsensoren einige Nachteile auf: Sie lassen sich nicht unsichtbar hinter Kunststoffblenden anbringen und benötigen eine Fresnellinse. Das kann dann problematisch sein, wenn bei einem Gerät ein edles Design im Vordergrund stehen soll. Auch verfügen Pyrosensoren über eine geringere Reichweite als bestimmte Radarsensoren. Allerdings sind sie immer noch die mit Abstand preisgünstigste Möglichkeit, einen Bewegungsmelder zu realisieren. Die Technologie der Pyrosensoren ist einfacher beherrschbar und die Detektionscharakteristik des Bewegungsmelders ist durch die Wahl einer geeigneten Fresnellinse in einem weiten Bereich steuerbar. Durch die digitalen Pyrosensoren wird die Realisierung eines Bewegungsmelders in der Applikation im wesentlichen zu einer Software-Aufgabe, die mit geringem Aufwand zu lösen ist.

Den prinzipiellen Aufbau zeigt das Bild 2. Durch das Fenster aus Silizium trifft IR-Strahlung auf die beiden pyroelektrischen Elemente. Eine in der Nähe befindliche Person mit einer Körpertemperatur von 37 °C sendet ausreichend Infrarotstrahlung ab, um eine messbare Erwärmung des Elements zu bewirken. Ein aus einem einzigen pyroelektrischen Element bestehender Pyrosensor kann Personen nicht von anderen Wärmequellen mit der gleichen Temperatur, wie Sonneneinstrahlung erwärmte Gegenstände, unterscheiden. Der entscheidende Trick: Bei Pyrosensoren für Bewegungsmelder werden zwei oder manchmal vier pyroelektrische Elemente verwendet, die mit entgegengesetzt gerichteter Polarität in Reihe geschaltet sind.

Eine stationäre Wärmequelle erwärmt beide Elemente gleichermaßen, und durch die antiparallele Anordnung kompensieren sich beide Signale zu Null. Werden beide Elemente nicht gleichzeitig, sondern nacheinander erwärmt, lässt sich ein Signal messen. Bei Bewegungsmeldern ist deshalb vor dem Pyrosensor eine dünne Kunststofflinse angeordnet, die sogenannte Fresnellinse. Ihre Aufgabe ist es, die von der zu detektierenden Person abgestrahlte Wärme auf die Sensorelemente zu fokussieren. Bewegt sich die Person, wandert das in die Element-Ebene abgebildete Wärmebild bei geeigneter Bewegungsrichtung sequenziell über beide Elemente hinweg. Damit werden beide Elemente nacheinander erwärmt und es entsteht ein messbares Signal, das jedoch mit einer Zeitkonstante von ungefähr 1 Sekunde wieder abklingt.

Funktion und Aufbau einer Fresnellinse

Wie die Fresnellinse prinzipiell aus einer konvexen Linse konstruiert wird, zeigt das Bild 3: die für die optische Abbildung irrelevanten planparallelen Bereiche werden entfernt (im Bild gestrichelt gezeichnet) und die verbleibenden Bereiche werden anschließend bündig in eine Ebene verschoben. Man erhält eine flache Linse, die nur die für die Brechung wichtigen abgeschrägten Segmente enthält. Fresnellinsen bestehen meist aus High-Density-(HD-PE-) Polyethylen. Dieses Material ist kostengünstig, weist aber im Vergleich zu Silizium eine relativ hohe Dämpfung auf. Eine Materialdicke von 0,1 mm absorbiert etwa 15 Prozent der Wärmestrahlung. Hier wird der Vorteil von Fresnellinsen deutlich: durch die konstruktionsbedingte geringe Dicke der Linsen im Vergleich zu konvexen Linsen sind geringere Absorptionsverluste der durch die Linse hindurch tretenden Infrarotstrahlung möglich.

Die Fresnellinse hat die Aufgabe, die Wärmestrahlung eines Objektes in der Ebene der pyroelektrischen Elemente abzubilden. Besteht die Fresnellinse nur aus einer Linse, darf sich das Objekt nur in einem engen räumlichen Bereich bewegen, damit dessen Wärmebild auf die beiden Elemente abgebildet wird. Deshalb sind die Fresnellinsen für

Bewegungsmelder in der Regel aus mehreren, unterschiedlich orientierten Segmenten aufgebaut, das jedes für sich eine Linse mit anderer optischer Achse darstellt (siehe hierzu die Bilder 4a und b). Durch eine passend gewählte Orientierung der Segmente wird das Erfassungsfeld des Bewegungsmelders damit deutlich vergrößert und auf die Erfordernisse der Anwendung angepasst.

Am einfachsten lässt sich die Funktionsweise der segmentierten Fresnellinsen veranschaulichen, wenn man den umgekehrten Fall der Abbildung der beiden pyroelektrischen Elemente in der Objektebene betrachtet (Bild 5). Das obere Bild zeigt schematisch eine Fresnellinse mit fünf Segmenten A bis E. Im unteren Bild sind die fiktiven Bilder der beiden Pyrosensorelemente in der Ebene der zu detektierenden Person gezeigt. Als Bilder der Pyrosensor-Elemente entstehen genau so viele Paare von Rechtecken, wie Segmente in der Fresnellinse vorhanden sind. Ein messbares Signal entsteht am Pyrosensor genau dann, wenn das Objekt von einem Bild des linken Elements in ein beliebiges Abbild des rechten Elements wandert.

Der Aufbau und die Auswahl eines Pyrosensors

Pyrosensoren sind meist als bedrahtetes TO-5- oder TO-39-Gehäuse mit einem Siliziumfenster ausgeführt, das für die von einem 37 °C warmen Objekt ausgestrahlte Wärme ab 5 µm transparent ist. Im Innern sind die beiden thermisch gut isoliert gelagerten pyroelektrischen Elemente der Größe 1 mm x 2 mm angeordnet. Die Isolation ist wichtig, damit die Energie der IR-Strahlung zur Erwärmung der Elemente verwendet und nicht an das Gehäuse abgeleitet wird. Im Gehäuse befinden sich außer den Sensorelementen noch ein FET als Impedanzwandler, ein Gate-Widerstand und bei manchen Sensortypen auch Kondensatoren zur Verbesserung der Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischer Einstrahlung. Die Größe des Siliziumfensters und deren Abstand zu den pyroelektrischen Elementen bestimmen den Detektionswinkel des Sensors.

Der Montageort des Bewegungsmelders hat einen wichtigen Einfluss auf die Auswahl des Pyrosensors und der Fresnellinse. Im Fall eines Bewegungsmelders, der in der Höhe eines Wandschalters in einer Höhe von 1,1 m montiert wird, bewegen sich die Objekte bzw. Personen in einer eindimensionalen Bewegung am Sensor vorbei. Deshalb wird in dieser Anordnung ein Pyrosensor mit zwei Elementen gewählt. Die zugehörige Linse wird meist in Form eines Zylindermantels oder als Kuppel ausgeführt, deren Linsensegmente auf die eindimensionale Bewegungsrichtung des Objekts hin ausgerichtet sind. Für Bewegungsmelder, die an der Raumdecke montiert werden sollen, müssen die Segmente der Fresnellinse in zwei Raumrichtungen orientiert sein, da sich das Objekt in zwei Dimensionen unter dem Bewegungsmelder hindurchbewegen kann.

Für diese zweidimensionalen Bewegungen werden Pyrosensoren mit einer Matrix aus vier pyroelektrischen Elementen benötigt, da sich entsprechend das Wärmebild des Objektes in zwei Raumrichtungen bewegen kann. Pyrosensoren mit zwei Elementen würden nur eine Bewegungsrichtung erfassen. Zu den wichtigen elektrischen Parametern eines Pyrosensors gehört die Ausgangsspannung. Diese ist in der Regel als Signalspannung eines nachgeschalteten Verstärkers mit 72,5 dB (1 Hz) Verstärkung bei einer eingestrahlten 420-K-Schwarzkörperstrahlung von $13 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ definiert. Soll die Erfassungsdistanz über 10 m hinausgehen, sollte auf geringes Rauschen des Sensors geachtet werden. Ein weiterer wichtiger Parameter bei Pyrosensoren ist die Balance. Sie ist definiert durch das Verhältnis $(S1-S2)/(S1+S2)$, wobei S1 und S2 die Ausgangsspannung [V] bezeichnen, wenn jeweils nur das Element 1 bzw. 2 mit Wärmestrahlung beaufschlagt wird. Die Balance gibt an, wie gut sich die antiparallel geschalteten pyroelektrischen Elemente kompensieren.

Interne digitale Signalaufbereitung

Ein niedriger Balance-Wert [%] bedeutet eine geringe Gefahr von Fehlauflösungen aufgrund von stationären Wärmequellen oder durch Rauschen. Bei Licht- oder

Drucksensoren ist es üblich, die Signale intern digital aufzubereiten. Auch bei Pyrosensoren gibt es einen Trend hin zu einer internen digitalen Signalaufbereitung. Durch einen eingebauten Chip wird die Signalspannung der pyroelektrischen Elemente digitalisiert und so aufbereitet, dass die Sensordaten digital über einen D_{out} -Pin ausgegeben und durch einen Host-Mikrocontroller verarbeitet werden können.

Ein einziger freier Port reicht für die Datenkommunikation via One-Wire-Schnittstelle aus. Das ausgegebene Datenwort besteht aus insgesamt 28 Bit, davon übertragen 14 Bit die Daten für das Pyrosensor-Signal und 14 Bit einen Temperaturwert, der am Gehäuse des Sensors gemessen wird. Der Mikrocontroller beginnt eine Übertragungssequenz in der Funktion eines Clock-Signal-Generators und legt D_{out} auf high. Nach 200 ns ändert der Mikrocontroller den Kommunikationsport von Output auf Input und beobachtet die Antwort des Sensors. Je nach zu übertragendem Bit wird D_{out} auf high oder low gelegt.

Danach überträgt der Mikrocontroller das nächste Bit mit einem weiteren Clocksignal auf D_{out} . Das erfolgt so lange, bis alle 28 Bit übertragen sind. Mindestens alle 16 ms steht ein neues Datenpaket am Sensor bereit. Näheres über das Timing der Kommunikationsschnittstelle ist der Spezifikation des Pyrosensors PSH3-323-3 des japanischen Herstellers Ceramic zu entnehmen.

Kompletter Bewegungsmelder in einem Gehäuse

Ein digitaler Pyrosensor ist der PSH5-323-6 im TO-5-Gehäuse mit sechs Anschlusspins. Ein kompletter Bewegungsmelder ist in einem Gehäuse verbaut. Am Ausgangspin wird ein Detektionsereignis über den Spannungspegel angezeigt. Die Empfindlichkeit des Sensors und die Haltezeit im Fall einer Personendetektion können an zwei zusätzlich aus dem Gehäuse herausgeführten Pins mit einem Spannungsteiler eingestellt werden. Ein Enable-Pin bietet die Möglichkeit, den Sensor im Bedarfsfall zu deaktivieren. Ein sehr wichtiger Nebenaspekt der digitalen Pyrosensoren ist die

Immunität der Sensoren gegen externe elektromagnetische Störsignale wie beispielsweise hohe EMI-Festigkeit. Durch die Signalverarbeitung innerhalb des TO-Gehäuses entfallen die EMI-kritischen Verbindungsleitungen zu externen Bauteilen.

Endrich vertreibt seit mehr als 30 Jahren europaweit elektronische Bauteile. Der Schwerpunkt liegt auf Design-In-Produkten. Neben Temperatur-, Radar- und Hallensoren bietet Endrich Optosensorik-Bauteile wie Infrarot-LEDs, Photodetektoren, Lichtschranken und Pyrosensoren. Pyrosensoren des japanischen Herstellers Nippon Ceramic vertreibt Endrich seit 30 Jahren.



Industrie 4.0

Internet der Dinge – Hype oder Zukunftsperspektive?

02.03.15 - Trotz des Hypes um das „Internet der Dinge“ zeigt dieser Beitrag, dass die realen Möglichkeiten von heute bereits ein enormes Potenzial für die Zukunft versprechen. [lesen...](#)



Sensorplattform

Jederzeit messbereite Sensoren sind völlig unabhängig

17.09.14 - Ein um Sensoren erweiterter Transponder erfasst zusätzliche Informationen über Objekte und ihre Umgebung. Die notwendige Energie und eine bilaterale Datenübertragung werden drahtlos realisiert. [lesen...](#)

* Dr. Thomas Wolf ist Produktmanager für die Produktlinien Optosensorik, Hall- und Radarsensoren bei Endrich Bauelemente in Nagold.