

Sensorik

Grundlage für Anwendungen diverser Sensoren zusammen mit einem uC

Autor	Kevin Gerber
Dokument Version	1.0
Änderungsdatum	08.10.2009

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	2
2.	Einleitung.....	5
2.1.	Was ist ein Sensor.....	5
2.1.1.	Passive Sensoren:	5
2.1.2.	Aktive Sensoren:	5
3.	Temperatursensor	6
3.1.	Passive Temperatursensoren	6
3.2.	Aktive Temperatursensoren	6
3.3.	Kaltleiter (PTC).....	6
3.4.	Heissleiter (NTC).....	7
3.5.	Schwingquarz als Thermoelement.....	7
3.6.	Thermoelemente.....	7
3.7.	Pyrometer.....	7
3.8.	Currie-Effekt-Temperatursensoren.....	7
3.9.	Temperaturschalter	7
4.	Kraftsensor	9
4.1.	Piezo-Kraftsensoren.....	9
4.2.	Elektromagnetische Kompensation	9
5.	Drucksensor	10
5.1.1.	Aufbau.....	10
5.2.	Piezoresistiver Drucksensor	10
5.3.	Piezelektrischer Drucksensor	10
5.4.	Pirani-Drucksensor	11
5.5.	Frequenzanaloger Drucksensor	11
5.6.	Drucksensor mit Hall-Element.....	11
5.7.	Kapazitiver Drucksensor.....	11
5.8.	Induktiver Drucksensor.....	11
5.9.	Intelligente Drucksensoren	11
6.	Beschleunigungssensor	12
6.1.	Piezoresistiver Beschleunigungssensor	12
6.2.	Piezelektrischer Beschleunigungssensor	12
6.3.	Kapazitiver Beschleunigungssensor.....	12
6.4.	Induktiver Beschleunigungssensor.....	12
6.5.	Servo-Beschleunigungssensor.....	13
6.6.	Mikromechanischer Beschleunigungssensor.....	13

7.	Distanzsensor	14
7.1.	Laufzeitmessung	14
7.2.	Kapazitive Abstandsmessung	14
7.3.	Inertialnavigation	14
8.	Bewegungssensor	16
8.1.	Doppler-Effekt	16
8.2.	PIR Sensoren (Infrarot).....	16
9.	Optische Sensoren	17
9.1.	Innerer photoelektrischer Effekt	17
9.2.	Äusserer photoelektrischer Effekt	17
9.3.	LDR (Light Dependent Resistor)	17
9.4.	Photodiode	17
9.5.	Phototransistor	18
10.	Feuchtesensor/Feuchtigkeitssensor	19
10.1.	Hygrometer.....	19
10.1.1.	Relative Luftfeuchtigkeit	19
10.1.2.	Absolute Luftfeuchtigkeit	19
10.1.3.	Bestimmung des Taupunkts	19
10.2.	Absorptionshygrometer.....	19
10.3.	Taupunktspiegelhygrometer.....	19
10.4.	Coulometrisches Hygrometer	20
10.5.	Optische Hygrometer	20
10.6.	Impedanzhygrometer	20
10.7.	Kapazitives Hygrometer	20
11.	Chemischer Sensor.....	21
11.1.	Taguchi-Prinzip	21
11.2.	Lambdasonde	21
11.2.1.	Nernstsonde	21
11.2.2.	Widerstandssonde	22
11.3.	Clark-Elektrode.....	22
11.4.	Flüssigkeitssensoren	22
12.	Kapazitivfeldsensor.....	23
13.	Winkelgeschwindigkeitssensor (Gyro).....	24
14.	Magnetischer Sensor	25
14.1.	AMR-Sensoren	25
14.2.	GMR-Sensoren.....	25
14.3.	Hall-Effekt.....	25
14.4.	Hall-Sensor	26
15.	Sensortypen	27

16.	Schlusswort.....	28
17.	Quellen.....	29
17.1.	Literatur	29
17.2.	Internet.....	29
18.	Arbeitsjournal	31
19.	Anhang.....	32
19.1.	CD	32
19.1.1.	Dokumentation (pdf).....	32
19.1.2.	Datenblätter	32

2. Einleitung

Das Thema Sensorik solle in einer selbständigen Projektarbeit im Fach Elektronik dokumentiert werden. Das Dokument dient in einem zweiten Teil als Grundlage für die Anwendung von verschiedenen Sensoren, zusammen mit einem Mikrocontroller im Fach Digital- und Datentechnik. Damit soll die zuvor erarbeitete Theorie vertieft werden.

Das Dokument beinhaltet Sensoren für folgende Grössen:

- Temperatur
- Kraft
- Druck
- Beschleunigung
- Länge
- Bewegung
- Licht
- Feuchte
- Gas

2.1. *Was ist ein Sensor*

Das Wort Sensor stammt vom lateinischen **sensus** (Gefühl).

Als Sensor wird ein Bauteil bezeichnet, welches verschiedene physikalische oder chemische Eigenschaften als Messgrösse erfassen und als solche ausgeben kann. Dies geschieht meistens mittels elektrischer Signale, die über entsprechende Beschaltungen ausgewertet werden. Solche Bauteile, welche eine Energieform als physikalische oder chemische Grösse in elektrische Energie umwandeln, werden Wandler (engl. Transducer) genannt.

Sensoren werden nach ihrer Funktions- und Arbeitsweise eingeteilt. Je nach Energieverbrauch und Energiewandlung wird zwischen aktiven und passiven Sensoren unterschieden.

2.1.1. **Passive Sensoren:**

Als passive Sensoren werden all jene bezeichnet, welche zur Umwandlung und Ausgabe des Messwertes keine zusätzliche Energieversorgung benötigen. Die Energie wird allein von der Messgrösse, durch chemische und/oder physikalische Effekte, erzeugt.

2.1.2. **Aktive Sensoren:**

Aktive Sensoren hingegen benötigen eine zusätzliche Energiequelle zum Erfassen der Messgrösse. Dadurch können aber auch statische Zustände, wie z.B. der Luftdruck, gemessen werden.

3. Temperatursensor

Die Temperatur ist eine physikalische Größe, die vor allem in der Thermodynamik eine wichtige Rolle spielt. Ihre SI-Einheit ist Kelvin (K). In Deutschland, Österreich und der Schweiz ist die per Definition gleich große Einheit Celsius (°C) ebenfalls zulässig.

Die Umrechnung zwischen Grad Celsius und Kelvin ist linear und in gleich grosse Schritte aufgeteilt:

$$0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K}$$

Temperatursensoren wandeln, mit Hilfe einer zusätzlichen elektronischen Beschaltung, die Temperatur als Grösse in ein elektrisches Signal um. Sie funktionieren im Prinzip wie ein veränderbarer Widerstand, dessen Widerstandswert sich der Temperatur anpasst.

Normale elektrische Widerstände haben auch einen solchen Effekt, dessen Stärke mit dem so genannten Temperaturkoeffizient angegeben wird und je nach Herstellungsart des Widerstandes sehr klein ist. Um einen möglichst grossen Temperaturkoeffizienten zu erreichen, werden Temperatursensoren aus speziellen, thermisch empfindlichen Materialien hergestellt, deren elektrische Leitfähigkeit stark von der Temperatur abhängt. Man spricht auch von Thermistoren.

3.1. Passive Temperatursensoren

Passive Temperatursensoren sind Sensoren, die in Abhängigkeit der Temperatur ihren Widerstand ändern. Das heisst, sie geben nicht direkt eine messbare Spannung aus, sondern ändern wie oben bereits erwähnt z.B. ihren Widerstand. Bei den passiven Temperatursensoren unterscheidet man zwischen Heissleitern, so genannten Thermistoren oder NTC-Widerstände (Negative Temperature Coefficient), und Kaltleitern, welche auch PTC-Widerstände (Positive Temperature Coefficient) genannt werden.

3.2. Aktive Temperatursensoren

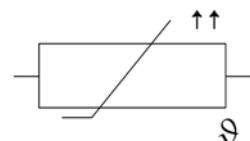
Im Vergleich zu den passiven Temperatursensoren, liefern die aktiven Temperatursensoren ein elektrisches Signal am Ausgang, welches direkt weiterverarbeitet werden kann. Die aktiven Temperatursensoren sind meist komplett in einem IC integriert. Beispiele hierfür sind:

- LM334, geben einen Strom proportional zur Temperatur aus.
- LM335, geben eine Spannung proportional zur Temperatur aus.
- AD7314, geben ein temperaturabhängiges, digitales Signal aus.

3.3. Kaltleiter (PTC)

Kaltleiter sind Widerstände, welche ihren Widerstandswert in Abhängigkeit der Temperatur ändern. Der Widerstand der Kaltleiter wird umso grösser, je höher die Temperatur ist. Deshalb auch der Name Kaltleiter. Eigentlich sind alle Metalle, die auf der Erde vorkommen, Kaltleiter. Doch ihr Temperaturkoeffizient ist wesentlich kleiner als der der PTC-Widerstände. Kaltleiter werden hauptsächlich in folgenden Bereichen eingesetzt:

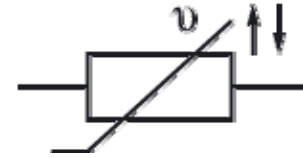
- Flüssigkeitsniveaufühler



- Temperaturregelung, beispielsweise für eine Heizung
- Leistungs-PTC's werden als Überstromschutz eingesetzt

3.4. Heissleiter (NTC)

Neben den Kaltleitern gibt es auch noch die Heissleiter. Wie der Name schon sagt, leiten diese Widerstände den Strom besser, wenn es heiss ist. Das heisst, je höher die Temperatur ist, desto geringer wird der Widerstand der NTC-Widerstände. Heissleiter werden aus den Halbleitermaterialien Eisenoxid, Magnesiumdichromat und einer zusätzlichen Legierung hergestellt.



Heissleiter werden hauptsächlich für folgende Aufgaben verwendet:

- Temperaturmessung
- Temperaturstabilisierung (Arbeitspunktstabilisierung)
- Reduzierung des Einschaltstromes bei diversen Stromkreisen

3.5. Schwingquarz als Thermoelement

Es existieren auch Temperaturmesser, bei denen ein Schwingquarz als Messelement dient. Dabei verändert sich die Resonanzfrequenz des Quarzes in Abhängigkeit der Temperatur.

3.6. Thermoelemente

Ein Thermoelement besteht aus zwei verschiedenen Metallen, die an einem Ende miteinander verbunden sind. Mit Hilfe des so genannten Seebeck-Effekts, wandeln Thermoelemente Temperaturdifferenzen in elektrische Spannungen um.

3.7. Pyrometer

Mit Hilfe eines Pyrometers kann die Temperatur im Bereich von -50°C bis $+4000^{\circ}\text{C}$ berührungslos gemessen werden.

Das Prinzip, mit welchem das Pyrometer arbeitet, ist simpel: Jeder Gegenstand reflektiert die Infrarotstrahlung abhängig von seiner Temperatur. Das Pyrometer misst diese Strahlung und kann somit die Temperatur des Messobjektes ermitteln.

3.8. Currie-Effekt-Temperatursensoren

Diese Art von Temperatursensoren wird eingesetzt, um bei einer bestimmten Temperatur einen Stromkreis zu unterbrechen.

Das wichtigste Element bei den Currie-Effekt-Temperatursensoren ist ein Ferromagnet, welcher bei Überschreitung einer bestimmten Temperatur seine magnetische Fähigkeit verliert und so einen Schalter betätigt. Wird die Temperatur wieder unterschritten, so gewinnt der Ferromagnet seine magnetischen Fähigkeiten zurück und der Schalter wird nicht mehr betätigt.

3.9. Temperaturschalter

Temperaturschalter sind Schalter, welche bei einer bestimmten Temperatur einen Schalter betätigen.

Einer der am meisten verbreiteten Temperaturschalter ist der sogenannte Bimetallschalter. Hauptbestandteil ist ein Bimetallstreifen oder ein Bimetallplättchen. Der Bimetallstreifen besteht aus zwei verschiedenen Materialien mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Verändert sich nun die Temperatur, verbiegt sich der Streifen aufgrund der verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten und betätigt einen Schalter. Dieses Prinzip wird unter anderem bei Wasserkochern oder bei Überstromschaltern eingesetzt.

4. Kraftsensor

Bei einem Kraftsensor oder Kraftnehmer wird die Kraft, welche auf den Sensor wirkt gemessen. Es können Druck-, Zugkräfte und sogar elastische Verformungen gemessen werden.

Kraftsensoren werden meistens in Waagen um die Gewichtskraft zu messen verwendet.



4.1. Piezo-Kraftsensoren

In einem Piezokeramik Element entsteht durch eine Krafteinwirkung eine Ladungsverschiebung. Mit einem Ladungs-Spannungs-Wandler entsteht eine Spannung, welche proportional zur einwirkenden Kraft ist.

4.2. Elektromagnetische Kompensation

Kraftsensoren mit elektromagnetischer Kompensation arbeiten ähnlich wie ein elektrodynamischer Lautsprecher. Eine Spule befindet sich in einem Magnetfeld. Die zu messende Kraft wirkt auf die Spule und eine Stromregelung versucht die Auslenkung zu kompensieren, damit sich die Spule immer an der gleichen Stelle befindet. Um die Spule zu positionieren werden Abstandssensoren verwendet. Der erforderliche Strom, welcher durch die Spule fließt um diese an Ort und Stelle zu halten, ist proportional zu der einwirkenden Kraft.

Solche Kraftsensoren können sehr kleine Kräfte messen und werden daher u.a. in Präzisionswaagen eingesetzt.

5. Drucksensor

Ein Drucksensor ist ein Bauelement, welches den physikalischen Druck (= Kraft pro Fläche) in ein proportionales, elektrisches Signal umwandelt. Es gibt diverse Messeffekte um den physikalischen Druck zu messen. Dabei gibt es vier grundsätzliche Typen:

- Passivdrucksensoren
- Relativdrucksensoren
Messen den Druckunterschied zwischen dem Messdruck und dem Umgebungsdruck.
- Absolutdrucksensoren
Messen den Druckunterschied zwischen dem Messdruck und einem Vakuum.
- Differenzdrucksensoren
Messen den Druckunterschied zwischen zwei verschiedenen Absolutdrücken.

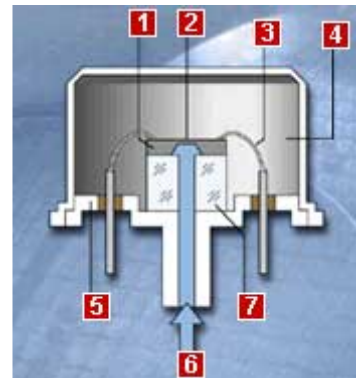


5.1.1. Aufbau

Ein Beispiel eines Druckluftsenors ist hier als Querschnitt dargestellt. Durch die Saugöffnung bei (6) dringt die Luft in den Sensor ein und trifft auf die Sensormembran (2). Ist der Luftdruck der Umgebung nicht gleich gross wie der Referenzdruck in der Kapsel (4), so wird die Membran verzogen und es entsteht eine Spannung resp. erfolgt eine Widerstandsänderung des Sensormaterials (1).

Aufbau eines Druckluftsenors:

1. Sensorchip
2. Membran
3. Bonddrähte
4. Referenzvakuum
5. Metallgehäuse
6. Saugrohrdruck
7. Glassockel



5.2. Piezoresistiver Drucksensor

Piezoresistive Drucksensoren werden meistens aus Silizium hergestellt. Sie messen den physikalischen Druck mit einem so genannten Dehnungsmessstreifen, kurz DMS. Kommt es zu einer Druckänderung, so verändert sich die Länge des Dehnungsmessstreifen. Dies hat zur Folge, dass sich auch der Widerstand der Dehnungsmesswiderstände ändert. Folglich ändert sich auch die Spannung über den Dehnungsmesswiderständen und somit kann eine Druckänderung festgestellt werden. Die Piezoresistiven Drucksensoren sind günstig herzustellen und haben eine hohe Empfindlichkeit, weshalb sie weit verbreitet sind. Da die eingesetzten Materialien sehr stark temperaturabhängig sind, muss zudem noch ein Temperatursensor eingebaut werden, mit welchem die Temperaturschwankungen kompensiert werden können.



5.3. Piezoelektrischer Drucksensor

Beim Piezoelektrischen Drucksensor wird der so genannte piezoelektrische Effekt ausgenutzt, um den Druck zu messen. Durch den äusseren Druck, werden in einem Kristall Ionen verschoben. Der Kristall befindet sich im Innern des Piezoelektrischen Drucksensors. Durch diese Ionenverschiebung entsteht eine elektrische Spannung. Diese Span-

nung ist abhängig vom äusseren Druck. Das Problem bei diesen Drucksensoren ist, dass sie eigentlich nur Kräfte messen. Deshalb ist eine zusätzliche Membran notwendig, welche die Kraft in Druck umwandelt. Da der Piezokristall nicht temperaturabhängig ist, kann auf einen zusätzlichen Temperatursensor zur Temperaturkompensation verzichtet werden.

5.4. Pirani-Drucksensor

Pirani-Drucksensoren werden eingesetzt, um den Druck in einem Vakuum zu messen. Diese Drucksensoren beinhalten im Innern ein Heizelement. Die Gasmoleküle, welche sich im Vakuum befinden, kühlen das Heizelement wieder ab. Ist das Vakuum sehr hoch, beinhaltet es weniger Gasmoleküle. Somit kühlt ein hohes Vakuum das Heizelement auch weniger ab. Das hat zur Folge, dass sich auf Grund des Hitzeanstiegs der Widerstand des Heizelements verändert. Nun kann mit Hilfe eines Referenzvakuums der Druck im Vakuum gemessen werden.

5.5. Frequenzanaloger Drucksensor

Frequenzanaloge Drucksensoren sind meistens piezoresistive Drucksensoren, welche mit einem Ringoszillator verbunden sind. Durch Veränderung des Drucks, wird die Frequenz des Ringoszillators verändert. Die Frequenz am Ausgang ist somit proportional zum Druck.

5.6. Drucksensor mit Hall-Element

Ein Drucksensor mit Hall-Element arbeitet, wie der Name schon sagt, mit dem Hall-Effekt. Der Hall-Effekt beschreibt das Auftreten einer elektrischen Spannung in einem stromdurchflossenen Leiter, welcher sich in einem permanenten Magnetfeld befindet. Das Magnetfeld um das Hall-Element verändert sich in Abhängigkeit des Druckes.

5.7. Kapazitiver Drucksensor

Die kapazitiven Drucksensoren bestehen aus einem Siliziumchip und einem Kondensator. Beim Auftreten eines äusseren Druckes, verändert sich der Abstand der beiden Kondensatorplatten und somit die Kapazität des Kondensators. Im Normalfall gehört der interne Kondensator zu einer Verstärkerschaltung, dessen Verstärkungsfaktor von der Kondensatorkapazität abhängig ist.

5.8. Induktiver Drucksensor

Der induktive Drucksensor ist dem kapazitiven Drucksensor sehr ähnlich, nur dass beim induktiven Drucksensor die Induktivität einer Spule verändert wird.

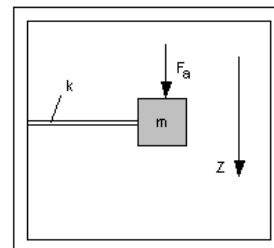
All die oben beschriebenen Drucksensortypen arbeiten mit diversen Messverfahren. Die am meisten verbreiteten Messverfahren sind:

5.9. Intelligente Drucksensoren

Es gibt auch intelligente Drucksensoren, welche das Erfassen und das Auswerten des Signals auf dem gleichen Chip durchführen. Ein intelligenter Drucksensor könnte somit direkt an einen MikroController angeschlossen werden.

6. Beschleunigungssensor

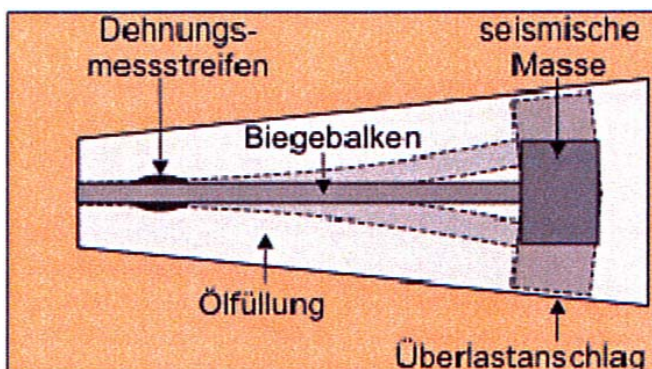
Mit einem Beschleunigungssensor wird gemessen, ob eine Geschwindigkeitszunahme, oder eine Geschwindigkeitsabnahme stattgefunden hat. Der Beschleunigungssensor kann nicht direkt die Beschleunigung messen. Die Beschleunigung ist ein Mass, das aus Kraft, Geschwindigkeit und Weg besteht. Ein Beschleunigungssensor misst die auf ihn einwirkende Kraft ($F=m*a$) bei einer Beschleunigung.



Beschleunigungssensoren, auch Accelerometer (engl.) oder Beschleunigungsmesser sind weiter unter den Bezeichnungen B-Messer und G-Sensor (für Gravitationskraft) bekannt.

6.1. Piezoresistiver Beschleunigungssensor

Ein piezoresistiver Beschleunigungssensor besteht meistens aus einem Dehnungsmessstreifen und einer seismischen Flüssigkeit, welche sich an einem Ende des Dehnungsmessstreifens befindet. Eine seismische Masse ist eine Masse, welche dank der Beschleunigung eine Kraft auf das Sensorelement ausübt. Wird nun der piezoresistive Beschleunigungssensor beschleunigt, so bewegt sich die seismische Masse. Dadurch wird aber auch der Dehnungsmessstreifen bewegt, welcher nun seinen Widerstand ändert. Somit kann die Beschleunigung gemessen werden.



6.2. Piezoelektrischer Beschleunigungssensor

Hier wird die seismische Masse direkt auf einen Piezokristall montiert. Durch den Druck auf die Oberfläche des Kristalls entsteht eine elektrische Spannung. Die erzeugte elektrische Spannung kann nun weiter verarbeitet werden. Der piezoelektrische Beschleunigungssensor kann nicht für statische Anwendungen verwendet werden. Er wird nur für dynamische Anwendungen gebraucht.

6.3. Kapazitiver Beschleunigungssensor

Der kapazitive Beschleunigungssensor besteht aus zwei Kondensatorplatten und einer seismischen Masse, die sich zwischen den beiden Kondensatorplatten befindet und die dritte Kondensatorplatte bildet. Bei einer Beschleunigung bewegt sich die seismische Masse zwischen den beiden Kondensatorplatten und die Kapazität verändert sich. Die Kapazitätsänderung kann ausgewertet und weiterverarbeitet werden.

6.4. Induktiver Beschleunigungssensor

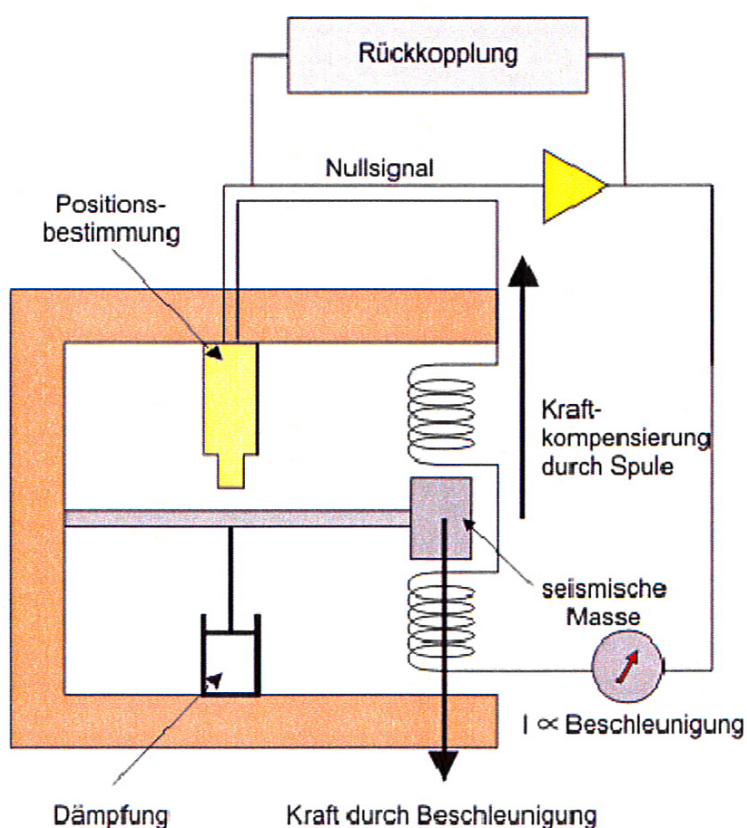
Bei diesem Beschleunigungssensor bildet ein elastisch aufgehängter Permanentmagnet die seismische Masse. Tritt nun eine Beschleunigung ein, so verändert er seine Distanz zu einer Spule, welche sich auch im Beschleunigungssensor befindet. Je nach Abstand des Magneten zur Spule, wird eine Spannung mit variabler Grösse induziert. Doch die induk-

tiven Beschleunigungssensoren sind kaum mehr erhältlich, da sie von den kapazitiven - und den piezoresistiven Beschleunigungssensoren ersetzt wurden.

6.5. Servo-Beschleunigungssensor

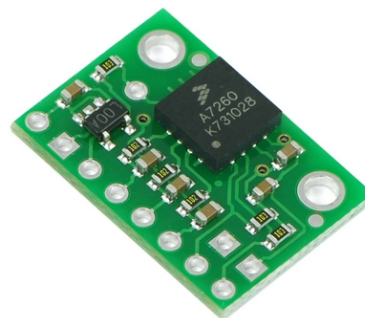
Der Servo-Beschleunigungssensor wird auch kraftkompensierter Beschleunigungsaufnehmer genannt. Die Servo-Beschleunigungssensoren erkennen die Bewegung der seismischen Masse und erzeugen eine so genannte Rückstellungskraft, um die seismische Masse in ihrer ursprünglichen Position zu halten.

Die Rückstellungskraft wird meistens mit Schwingspulen erzeugt. Der Strom, welcher durch die Spulen fließt ist proportional zur Beschleunigung, welche der Sensor misst. Dank diesen Servo-Beschleunigungssensoren ist es möglich, deutlich höhere Genauigkeiten und Auflösungen bei der Beschleunigungsmessung zu erreichen. Dies ist vor allem bei der Erdbebenmessung und bei der Bewegungsmessung wünschenswert.



6.6. Mikromechanischer Beschleunigungssensor

In der heutigen Zeit muss alles so klein und so kompakt wie möglich sein. Dies ist auch bei den Beschleunigungssensoren nicht anders. Es sind kapazitive und piezoresistive Beschleunigungssensoren im Mikroformat auf dem Markt erhältlich. Das Funktionsprinzip der kapazitiven und piezoresistiven Beschleunigungssensoren ist wie oben beschrieben. Der einzige Unterschied ist, dass die einzelnen mechanischen Konturen mikromechanisch geätzt werden. Zu den mechanischen Konturen zählt man die seismische Masse, die Biegebalken sowie die Schutzklappen.



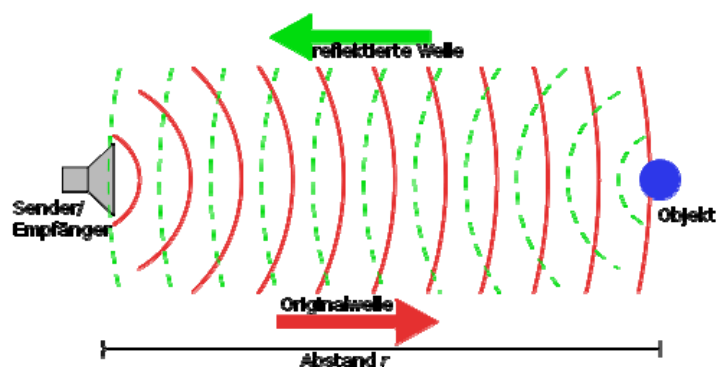
7. Distanzsensor

Mit einem Distanzsensor oder Entfernungsmesser kann man den Abstand zweier Punkte in einem Raum messen.



7.1. Laufzeitmessung

Die Laufzeitmessung beruht darauf, dass sich elektromagnetische und akustische Wellen mit einer konstanten, bekannten Geschwindigkeit ausbreiten. Sendet man ein Signal zum Messobjekt, wird es von diesem reflektiert und kommt wieder zurück zum Empfänger. Dabei misst man die Zeit, welche die Welle für den Hin- und Rückweg benötigt. Daraus kann man einen Rückschluss auf die Entfernung machen.



Mit diesem Prinzip funktionieren eine Menge Distanzmesser:

- Ultraschall Distanzsensor
- Laser Distanzsensor
- Echolot
- Sonar
- GPS

7.2. Kapazitive Abstandsmessung

Die Entfernung zwischen zwei leitfähigen Teilen kann anhand der zwischen ihnen bestehenden Kapazität bestimmt werden. Dazu müssen die Teile voneinander isoliert sein; sie werden zur Kapazitätsmessung in einen elektrischen Schwingkreis oder einen astabilen Multivibrator einbezogen, dessen Frequenz umgekehrt proportional zur Kapazität und damit zum Abstand ist. Anwendungen finden sich bei der Fokuslageregelung an Laserschneidemaschinen oder zur Positionsregelung in Nanopositioniersystemen.

7.3. Inertialnavigation

Ein Inertiales Navigationssystem (INS) bestimmt die eigene Position und Geschwindigkeit, ohne dass ein Bezug zur äusseren Umgebung erforderlich ist.

Ein solches System nutzt das Phänomen der Massenträgheit aus und misst deren Beschleunigung. Ist die Beschleunigung eines Massepunkts im Raum bekannt, erhält man durch Integration über die Zeit seine Geschwindigkeit und nach nochmaliger Integration seine durch die Beschleunigung verursachte Positionsänderung.

Wichtig ist, dass die Anfangsbedingungen bekannt sind. Beim Messbeginn muss zum Beispiel das Objekt immer im ruhenden Zustand sein und darf keine Anfangsgeschwindigkeit haben.

Durch die Integrationen entstehen Messfehler, die über die Zeit summiert werden. Deshalb werden solche INS in der Praxis mit anderen Navigationssystemen gekoppelt. Beispielsweise mit einem GPS Empfänger. Hier übernimmt die Arbeit das INS, zwischen dem Empfangen der GPS Daten oder falls kein GPS Empfang mehr gewährleistet ist.

8. Bewegungssensor

Ein Bewegungsmelder ist ein elektronischer Sensor, der Bewegungen in seiner näheren Umgebung erkennt und dadurch als elektrischer Schalter arbeiten kann. Hauptsächlich wird er zum Einschalten einer Beleuchtung oder zum Auslösen eines Alarms eingesetzt.

Ein Bewegungsmelder kann entweder aktiv mit elektromagnetischen Wellen (Dopplerradar), mit Ultraschall (Ultraschall-Bewegungsmelder) oder passiv anhand der Infrarotstrahlung der Umgebung arbeiten. Es gibt auch Kombinationen davon.



8.1. Doppler-Effekt

Ein Radarbewegungsmelder kann keine Distanzen messen, sondern Geschwindigkeiten von den bewegten Objekten. Die abgestrahlte Frequenz wird vom Ziel reflektiert und mit einer gewissen Doppelverschiebung geringfügig geändert. Läuft man zum Beispiel auf einen Ultraschallbewegungsmelder zu, empfängt dieser höhere Frequenzen als er gesendet hat.

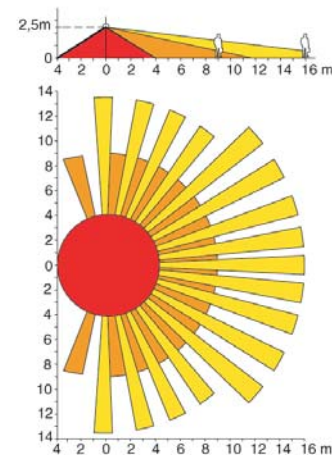
Die abgestrahlte Frequenz kann entweder ein Ultraschall Signal oder elektromagnetische Wellen sein.

8.2. PIR Sensoren (Infrarot)

Ein PIR Sensor reagiert auf Temperaturänderungen, indem er die Strahlungsflussänderung von Wärmestrahlung nutzt. Menschen, Tiere und Autos, hauptsächlich der warme Motor, geben solche Wärmestrahlung im Infrarotbereich ab. Diese Strahlen sind für das menschliche Auge nicht sichtbar. Er reagiert nicht auf statische Wärmeunterschiede, die auf natürliche Weise hervorgerufen werden, wie zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung.

PIR Sensoren senden selber keine Strahlungen ab. Deshalb werden sie oft auch Passiv Infrarot Sensor genannt.

Vor dem eigentlichen Sensor befindet sich ein Linsenarray, welche die Infrarotstrahlen, die von allen möglichen Richtungen kommen bündelt. Aufgrund dieser Anordnung reagieren PIR Sensoren schlecht, wenn sich ein Objekt auf sie zu oder von ihnen weg bewegt. Eine Bewegungserkennung aufgrund des Temperaturwechsels erfolgt erst bei einer Bewegung quer zum Erfassungsbereich.

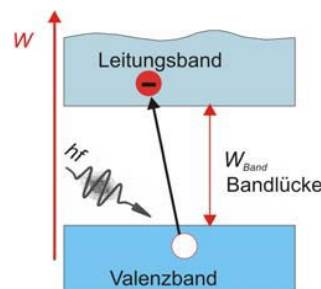


9. Optische Sensoren

Die Aufgabe der optischen Sensoren besteht darin, optische Informationen in elektrische Signale umzuwandeln, welche man anschliessend auswerten kann. Die meisten optischen Sensoren beruhen auf dem äusseren oder dem inneren photoelektrischen Effekt.

9.1. Innerer photoelektrischer Effekt

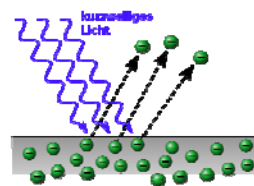
Bei einem Lichteinfall auf einen Halbleiter, werden die Valenzelektronen (Elektronen auf der äussersten Bahn) in das so genannte Leitungsband gehoben. Beispielsweise sind bei den reinen Halbleitern wie Silizium oder Germanium bei Zimmertemperatur die Valenzbänder komplett besetzt und die Leitungsbander sind leer. Das heisst, ihr elektrischer Widerstand ist relativ gross und sie leiten den elektrischen Strom nur schlecht. Werden diese Halbleiter nun mit Licht bestrahlt, werden die Elektronen vom Valenzband in das Leitungsband gehoben. Der Halbleiter wird nun leitend und je mehr Elektronen sich im Leitungsband befinden, desto kleiner wird sein elektrischer Widerstand.



9.2. Äusserer photoelektrischer Effekt

Beim äusseren photoelektrischen Effekt werden bei Bestrahlung eines Metalls mit elektromagnetischen Strahlen (Licht, UV-Strahlen usw.) Elektronen aus einem Metall „geschlagen“.

Die Anzahl der Elektronen die aus der Metalloberfläche austreten, hängt von der Frequenz des Lichtes (unterschiedliche Wellenlänge) und nicht von dessen Intensität ab.



9.3. LDR (Light Dependent Resistor)



Der Fotowiderstand ist ein elektronisches Bauteil, welches den inneren photoelektrischen Effekt ausnutzt. Sein Widerstand verändert sich je nach Lichteinstrahlung. Ist der Fotowiderstand beispielsweise aus Silizium aufgebaut, so lösen Photonen mit einer Frequenz von $2.4 \cdot 10^{14}$ Hz den inneren photoelektrischen Effekt aus (Jede Art von Strahlung wird als Teilchenstrom angesehen. Das Photon ist ein Teilchen des Teilchenstroms Licht). Dies ergibt eine Wellenlänge von ungefähr $1.25\mu\text{m}$. Licht, welches eine Wellenlänge von $1.25\mu\text{m}$ oder kürzer hat, wird vom Silizium absorbiert und der Fotowiderstand wird leitend.



9.4. Photodiode



Die Photodiode ist auch ein elektronisches Bauelement, welches den inneren-, photoelektrischen Effekt ausnutzt. Mit Hilfe von Photodioden können normale Lichtstrahlen, Infrarotstrahlen, UV-Strahlen und in manchen Ausführungen sogar Röntgenstrahlen gemessen werden.

Im Betrieb werden die Photodioden in Sperrichtung eingesetzt. Wird die Diode nun mit Licht bestrahlt, so bilden sich in der Raumladungszone Ladungsträger, was wiederum zu einem Stromfluss führt.

Der Vorteil der Photodioden gegenüber den Fotowiderständen ist die Geschwindigkeit. Die Fotowiderstände sind im Vergleich zu den Photodioden sehr träge und deshalb werden die Photodioden auch häufiger eingesetzt. Hier noch ein paar Anwendungsgebiete der Photodiode:

- Sensoren in Digitalkameras
- Empfänger für Lichtwellenleiter
- Abtasteinheiten in CD-Spielern
- Sensoren in Rauchmeldern, welche auf dem photoelektrischen Prinzip basieren
- Detektoren für Röntgenstrahlen
- usw.



9.5. Phototransistor



Das dritte wichtige Bauelement, welches auf dem inneren photoelektrischen Effekt basiert, ist der Phototransistor.

Die Phototransistoren bestehen aus einem lichtdurchlässigen Gehäuse, durch welches die Lichtstrahlen eindringen können. Der Phototransistor besteht aus nur zwei Anschlüssen, der dritte, die Basis, wird durch das Licht ersetzt. Es sind aber auch Phototransistoren erhältlich, bei denen die Basis zusätzlich noch als Anschluss hinausgeführt ist. Dies bewirkt eine Stabilisierung des Arbeitspunktes. Fällt nun Licht auf die Basis, erhöht sich der Emitter-Kollektor-Strom. Da die Phototransistoren natürlich auch noch eine Verstärkung besitzen, reagieren sie sehr empfindlich auf das einfallende Licht. Somit wird der Photoeffekt zusätzlich noch einmal verstärkt. Anwendungsgebiete:

- photoelektrischer Empfänger in Regel- und Steuerkreisen
- Empfänger in Lichtschranken
- Dämmerungsschalter
- Optokoppler

Im Vergleich zu den Photodioden sind die Phototransistoren etwas träge. Deshalb werden bei Anwendungen, welche Zeitkritisch sind, mehrheitlich Photodioden eingesetzt. Dies ist beispielsweise beim Infrarotempfänger von Fernbedienungen, z.B. beim Fernseher, der Fall.

10. Feuchtesensor/Feuchtigkeitssensor

Mit Feuchtesensoren kann der Wasserdampfgehalt in der Luft, auch Luftfeuchtigkeit genannt, gemessen werden. Die Angabe der Luftfeuchtigkeit ist sehr wichtig. Einige elektronische Bauelemente dürfen nur bei einer bestimmten Luftfeuchtigkeit eingesetzt werden. Ist diese zu hoch, werden sie zerstört.



Als Messinstrument werden sogenannte Hygrometer eingesetzt. Es gibt drei verschiedene Messverfahren:

10.1. Hygrometer

10.1.1. Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt das prozentuale Verhältnis zwischen der aktuellen Luftfeuchtigkeit und der Luftfeuchtigkeit, welche bei entsprechender Temperatur maximal enthalten sein könnte.

Beispiel: Beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 50%, so enthält die Luft nur die Hälfte der Wasserdampfmenge, die bei entsprechender Temperatur maximal enthalten sein könnte.

10.1.2. Absolute Luftfeuchtigkeit

Die absolute Luftfeuchtigkeit ist die Masse des Wasserdampfs in einem bestimmten Luftvolumen.

10.1.3. Bestimmung des Taupunkts

Mit diesem Hygrometer kann der Gefrierpunkt ermittelt werden.

Um die Luftfeuchtigkeit zu messen, gibt es auch wieder diverse Messgeräte.

10.2. Absorptionshygrometer

Die Absorptionshygrometer arbeiten mit einem wasseranziehenden Material. Dieses Material ändert seine Eigenschaften je nach Feuchtigkeit. Das bekannteste Absorptionshygrometer ist das Haarhygrometer, welches ein Haar enthält. Dieses dehnt sich je nach Feuchtigkeit mehr oder weniger aus. Mit diesem Längenunterschied kann die Luftfeuchtigkeit gemessen werden, da bekannt ist, um wie viel sich das Haar bei entsprechender Luftfeuchtigkeit ausdehnt. Heute werden jedoch keine Haare mehr eingesetzt, sondern Kunstfasern.

10.3. Taupunktspiegelhygrometer

Dieses Hygrometer wird zur Bestimmung des Taupunktes eingesetzt. Bis heute ist das Taupunktspiegelhygrometer auch das präziseste Instrument zur Messung der Luftfeuchtigkeit.

Dabei wird ein Spiegel solange abgekühlt, bis sich die Luftfeuchtigkeit auf ihm kondensiert. Mit Hilfe einer Lichtquelle und einem optoelektronischen Sensor wird der Zeitpunkt bestimmt, bei dem sich die Luftfeuchtigkeit auf dem Spiegel kondensiert. Um den Taupunkt in die absolute Luftfeuchtigkeit umzurechnen ist noch der momentane Luftdruck notwendig.

10.4. Coulometrisches Hygrometer

Das Coulometrische Hygrometer wird eingesetzt, um sehr geringe Luftfeuchtigkeit, so genannte Spurenfeuchte zu messen. Dabei wird die Eigenschaft von Diphosphorpentoxid ausgenutzt. Diphosphorpentoxid hat die Eigenschaft, den in der Umgebung vorhandene Wasserstoff zu absorbieren.

Das Coulometrische Hygrometer besitzt eine Phosphorschicht, welche das Wasser stark absorbiert. Gelangt nun Feuchtigkeit auf diese Schicht, wird das Wasser absorbiert. Anschliessend wird eine Spannung an diese Schicht gelegt, wobei sich die Phosphorverbindung zersetzt. Dadurch kommt es zu einem Stromfluss den man messen kann.

10.5. Optische Hygrometer

Das Messobjekt wird mit Licht bestrahlt. Je nach Luftfeuchtigkeit wird das Licht vom Messobjekt mehr oder weniger reflektiert. Das optische Hygrometer misst das reflektierte Licht und kann somit auf die Luftfeuchtigkeit schliessen.

10.6. Impedanzhygrometer

Die Impedanzhygrometer besitzen einen Messstreifen. Je nach Luftfeuchtigkeit ändert sich nun der Widerstand dieses Messstreifens. Aufgrund der Widerstandsänderung kann die Luftfeuchtigkeit bestimmt werden.

10.7. Kapazitives Hygrometer

Kapazitive Hygrometer besitzen im Innern einen Kondensator. Je nach Luftfeuchtigkeit verändert der Kondensator seine Eigenschaften. Genauer gesagt, verändert sich die Dielektrizitätskonstante des Materials, welches sich zwischen den beiden Kondensatorplatten befindet. Aufgrund dieser Änderung kann wiederum die Luftfeuchtigkeit gemessen werden.

11. Chemischer Sensor

Es gibt zahlreiche chemische Sensoren. Man unterscheidet sie hauptsächlich im Medium, welches sie messen.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Gassensoren und Flüssigkeitssensoren. Die meisten Gas-Sensoren arbeiten nach dem so genannten Taguchi-Prinzip.

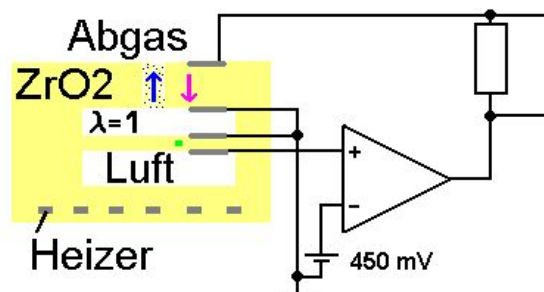
11.1. Taguchi-Prinzip

Mit Hilfe des Taguchi-Prinzips können Gase und Dämpfe in der Luft gemessen werden. Gassensoren, welche dieses Prinzip ausnützen, wurden erstmals 1965 von der Firma FI-GARO industriell hergestellt. Voraussetzung für dieses Prinzip ist ein beheiztes Metalloxid, beispielsweise Zinnoxid, welches schichtweise auf ein Trägermaterial montiert wird. Zinnoxid ist gassensitiv. Gassensitiv heisst, dass das Material auf die Einwirkung von verschiedenen Gasen und Dämpfen reagiert.

Das Trägermaterial besteht meistens aus Keramik oder Silizium. Zusätzlich befinden sich auf dem Träger so genannte Kontaktstrukturen, welche die Metalloxidschicht elektrisch kontaktieren. Die Metalloxidschicht wird nun an eine elektrische Spannung angeschlossen, damit ein Strom fliesst. Tritt nun ein Gas oder ein Dampf auf diese Schicht, so ändert sich deren Widerstand. Diese Widerstandsänderung kann detektiert und somit auf das Vorhandensein von Gas geschlossen werden. Werden oxidierende Gase gemessen, so nimmt der Widerstand der Metalloxidschicht ab. Im Gegensatz dazu wird der Widerstand grösser, wenn reduzierbare Gase, wie zum Beispiel Sauerstoff oder Ozon, gemessen werden. Ein grosser Nachteil von diesem Prinzip ist die starke Temperaturabhängigkeit. Werden die Sensoren so eingesetzt, treten gravierende Messfehler auf, da die Metalloxidschicht auf bis zu 400°C erhitzt werden muss. Eine Lösung für dieses Problem wäre ein eingebauter Temperatursensor, der für die Temperaturkompensation zuständig wäre. Doch auch zusätzliche externe Schaltungen sind möglich, um das Problem der starken Temperaturabhängigkeit in den Griff zu kriegen.

11.2. Lambdasonde

Die Lambdasonde ist ein Sensor der eingesetzt wird, um bei einer Verbrennung die Abgase zu analysieren. Der Lambdasensor misst das Verhältnis zwischen Kraftstoff und Sauerstoff. Für diese Messung werden zwei verschiedene Messprinzipien verwendet:



11.2.1. Nernstsonde

Die eine Seite des Sensors ist dem Abgasgemisch ausgesetzt, während die andere Seite an der Umgebungsluft, oder an einer anderen Sauerstoffreferenz liegt. Somit kann der Sauerstoff im Messobjekt, dem Abgasgemisch, gemessen werden. Die Nernstsonde wird häufig eingesetzt, da das Messprinzip relativ einfach ist.

11.2.2. Widerstandssonde

Die Widerstandssonde wird wesentlich weniger häufig eingesetzt als die Nernstsonde. Der Sensor besteht aus Keramik, welche halbleitend ist. Die freien Ladungsträger werden durch so genannte Sauerstofffehlstellen zur Verfügung gestellt. Der umliegende Sauerstoff besetzt nun diese Sauerstofffehlstellen und somit verringert sich die Anzahl der freien Ladungsträger. Bei einem hohen Sauerstoffgehalt besitzt der Sensor einen hohen elektrischen Widerstand, da ziemlich viele der Sauerstofffehlstellen vom umliegenden Sauerstoff besetzt wurden. Ist nur wenig Sauerstoff im Abgasgemisch vorhanden, so sind fast keine Sauerstofffehlstellen besetzt und der Widerstand des Sensors ist klein. Ein Vorteil der Widerstandssonde ist, dass sie keine Sauerstoffreferenz benötigt. Sie kann direkt ins Abgasgemisch gehalten werden.

11.3. Clark-Elektrode

Eine weitere Möglichkeit, den Sauerstoffgehalt in Gemischen zu bestimmen, ist die so genannte Clark-Elektrode. Die Elektrode besteht meistens aus einer Anode aus Silber und einer Platin-Kathode. Anode und Kathode sind über eine Elektrolytlösung miteinander verbunden.

Die Probe ist von den beiden Elementen durch eine Membran getrennt. Wird nun die Membran mit dem Messobjekt verbunden, so findet eine Sauerstoffdiffusion in der Messkammer statt. Es findet eine Reduktion des Sauerstoffgehalts an der Kathode statt, das heisst, die Kathode gibt Elektronen an den Sauerstoff ab. Es fliesst nun ein Strom, welcher proportional zum Druck des Sauerstoffs ist. Dieser Strom kann gemessen werden und folglich kann anschliessend auf den Sauerstoffgehalt geschlossen werden.

11.4. Flüssigkeitssensoren

Die meisten Flüssigkeitssensoren arbeiten nach dem Prinzip des Wasserwiderstandes. Die Flüssigkeitssensoren messen den Widerstand des Wassers um beispielsweise dessen Reinheit zu erkennen.

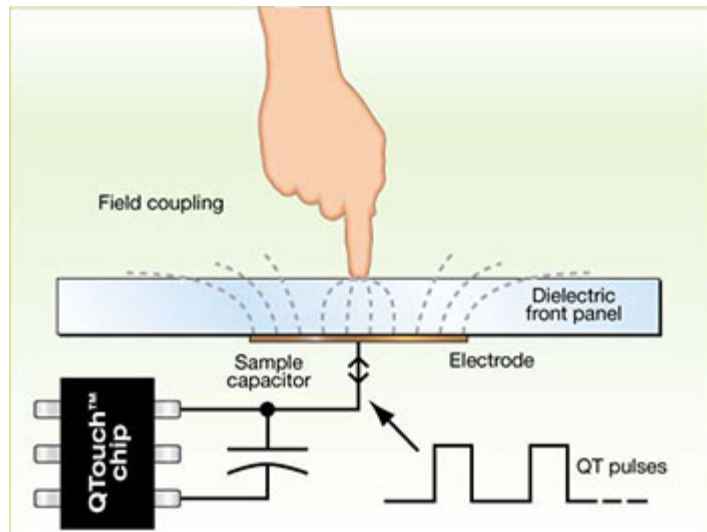
Um zum Beispiel den Sauerstoffgehalt des Wassers zu messen, kann auch die oben erwähnte Clark-Elektrode verwendet werden.

Um, wie bereits oben kurz erwähnt, die Reinheit von Wasser zu messen, kann man einen sehr einfachen Sensor einsetzen. Da die Leitfähigkeit des Wassers von dessen Reinheit abhängig ist, genügt es den Widerstand des Wassers zu messen. Dazu können zwei Elektroden verwendet werden, welche mit einem kleinen Abstand zu einander stehen. Befindet sich Wasser zwischen den beiden Elektroden, so wird der elektrische Widerstand kleiner. Diese Widerstandsänderung kann ausgewertet werden, um die Reinheit des Wassers festzustellen.

12. Kapazitivfeldsensor

Kapazitivfeldsensoren können, sich einer Elektrode nähernde Objekte, durch messen der umgebenden Ladungsänderung, erfassen.

Das Prinzip ist im Grunde genommen einfach: Das Sensor-IC gibt so genannte Burst-Impulse an die Elektrode ab, an welcher sich ein elektrisches Feld bildet. Dieses Feld ist von der Aussenseite isoliert und erzeugt so durch die somit entstandene Ladungstrennung eine elektrische Spannung. Ähnlich wie bei einem Kondensator, nur dass die zweite Kondensatorplatte die veränderliche Umgebungsladung ist.



Tritt nun ein Objekt in die Nähe der Elektrode, so verändert sich die Ladung jenseits der Isolationsschicht und somit die Spannung an der Elektrode. Diese Veränderung wird vom Sensor erfasst und als analoges oder digitales Signal weitergegeben.

Der Drift der statischen Spannung muss jedoch ständig kompensiert werden, um laufende Ladungsänderungen in der Luft auszugleichen.

13. Winkelgeschwindigkeitssensor (Gyro)

Ein so genannter Gyro-Sensor wird dazu verwendet, die Winkelgeschwindigkeit an der Sensorachse zu messen. Er besitzt als Ausgang meistens eine elektrische Spannung, die über einen Tiefpass und einem Operationsverstärker gefiltert und anschließend verstärkt wird. Diese Spannung gibt lediglich die Änderung der Drehgeschwindigkeit der Sensorachse an und verläuft daher, unter unbeschleunigtem Zustand, gegen null.



Solche Gyros werden beispielsweise zur Wegberechnung in GPS-Geräten verwendet, wenn diese für kurze Zeit kein Empfangssignal bekommen. Auch zur Stabilisierung und Regelung von Fluggeräten und Modellflugzeugen werden sie eingesetzt. Zusammen mit anderen Sensoren, wie ein Luftdrucksensor zur Höhenmessung, einem Beschleunigungssensor zur Lagebestimmung, ein GPS-Empfänger zur Positionsbestimmung und einem Magnetfeldsensor als Kompass, kann z.B. ein Quadrocopter in der Luft, absolut stabil, in Lage und Position gehalten werden.

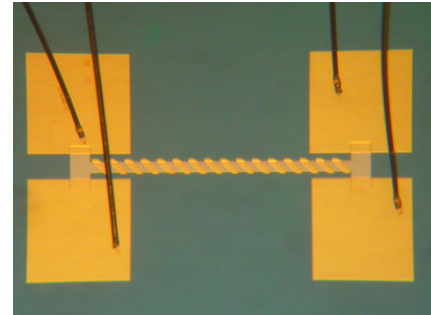


14. Magnetischer Sensor

In der Praxis finden die magnetischen Sensoren immer mehr Verwendung. Vor allem in der Industrie werden die magnetischen Sensoren immer mehr eingesetzt, um Längen, Positionen, Winkel und Drehzahlen zu messen. Ein grosser Vorteil der magnetischen Sensoren im Vergleich zu den anderen Sensoren ist, dass sie berührungslos arbeiten können.

14.1. AMR-Sensoren

Die anisotropen Magnetowiderstands-Sensoren, kurz AMR-Sensoren, sind die am meisten verbreiteten Magnetfeldsensoren. Der AMR-Sensor basiert auf dem AMR-Effekt. Dieser Effekt beschreibt die Abhängigkeit des elektrischen Stromes vom Winkel zwischen dem Stromfluss und der Magnetisierungsrichtung eines ferromagnetischen, leitfähigen Materials. Das heisst, der Strom ist am kleinsten, wenn sich das Magnetfeld genau in Stromrichtung befindet. Ein grosser Vorteil der AMR-Sensoren ist die hohe Empfindlichkeit. Es können sehr schwache magnetische Felder gemessen werden, um zum Beispiel einen elektronischen Kompass herzustellen.



einen elektronischen Kompass herzustellen.

Häufig werden die AMR-Sensoren auch in Weg- oder Windelmesssystemen eingesetzt.

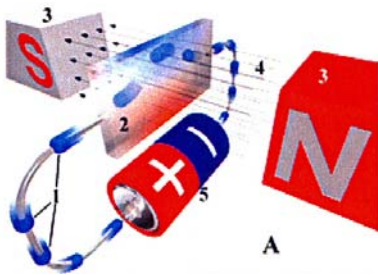
14.2. GMR-Sensoren

Die GMR-Sensoren (Giant Magneto Resistive) sind ähnlich aufgebaut wie die AMR-Sensoren. Die GMR-Sensoren basieren auf dem Effekt des Riesen-Magnetowiderstandes. Der GMR-Sensor besteht aus Strukturen von übereinander liegenden Schichten aus Eisen und anderen magnetischen Metallen. Man erreicht so einen magnetischen Widerstand, welcher 50% grösser ist, als der magnetische Widerstand bei den AMR-Sensoren. Diese verschiedenen Schichten reagieren sehr empfindlich auf Magnetfelder und haben eine Dicke von nur einigen Nanometer. Der grosse Unterschied zu den anderen magnetischen Sensoren ist, dass die GMR-Sensoren nicht auf die magnetische Feldstärke reagieren, sondern auf die Richtung des Magnetfeldes. Deshalb können gewisse Störeffekte vernachlässigt werden.

14.3. Hall-Effekt

Es gibt auch noch magnetische Sensoren, welche auf dem Hall-Effekt beruhen. Deshalb wird er hier noch ein wenig näher beschrieben. Der Hall-Effekt wurde 1879 vom US-Physiker Edwin Hall entdeckt. Der Effekt beschreibt das Auftreten einer Spannung in einem stromdurchflossenen Leiter, welcher sich in einem permanenten Magnetfeld befindet. Aufgrund des Magnetfeldes sammeln sich auf der einen Seite des Leiters Ladungsträger an. Somit entsteht eine Spannung, die so genannte Hall-Spannung.

Der Leiter baut ein elektrisches Feld auf, welches senkrecht zum Magnetfeld steht und die Lorentzkraft kompensiert. Dieser Effekt wird Hall-Effekt genannt.



1. Elektronen
2. Hallelement oder Hallsonde
3. Magneten
4. Magnetfeld
5. Spannungsquelle

14.4. *Hall-Sensor*

Der Hall-Sensor nutzt den oben beschriebenen Hall-Effekt aus. Hall-Sensoren werden für die Magnetfeldmessung, aber auch für die potentialfreie Strommessung, oder als berührungs- und kontaktlose Signalgeber eingesetzt. Fließt ein Strom durch einen Hall-Sensor und bewegt man ihn in ein zum Strom senkrecht verlaufendes Magnetfeld, so entsteht eine Spannung, welche proportional zum Strom und zur magnetischen Feldstärke ist. Wie oben bereits erwähnt, werden die Hall-Sensoren nicht nur zur Magnetfeldmessung eingesetzt. Sie werden beispielsweise als kontaktlose Signalgeber eingesetzt. Diese findet man beim Kilometerstandszähler bei Fahrrädern. Er besteht aus zwei Teilen, einem Hall-Sensor und einem Dauermagneten. Der Hall-Sensor wird an einer der beiden Gabelscheiben fixiert und der Dauermagnet wird an den Speichen montiert. Bei jeder Radumdrehung wird nun der Dauermagnet am Hall-Sensor vorbeigeführt. Dabei wird jedes Mal eine Spannung induziert. Sind anschliessend einige Radumdrehungen vollbracht, so verändert sich die Kilometeranzeige auf dem dazugehörigen Display. Auch in der Automobilindustrie werden häufig Hall-Sensoren eingesetzt. Dies unter anderem im Gurtschloss, in Türschliesssystemen, bei der Pedalzustandserkennung, in der Getriebschaltung oder zur Steuerung des Zündzeitpunktes. Seltener werden die Hall-Sensoren eingesetzt, um das Magnetfeld der Erde zu messen, um damit Messungen durchzuführen.

Ein wichtiger Punkt bei den Hall-Sensoren ist die Temperatur, denn die Hall-Sensoren sind mehr oder weniger temperaturabhängig. Da die Hall-Sensoren meistens als integrierte Chips geliefert werden, muss zusätzlich noch ein Temperatursensor eingebaut werden, welcher für die Temperaturkompensation zuständig ist. Meistens befindet sich in den integrierten Chips ebenfalls noch eine Verstärkerschaltung. Damit kann man das Signal am Ausgang des Sensors direkt weiterverarbeiten, ohne dass man externen Schaltkreise hinzufügen muss.

15. Sensortypen

Als Übersicht über die verschiedenen Sensoren werden diese in einer Tabelle festgehalten.

Sensor	Type	Beschreibung	Hersteller	Distributor	Preis
Temperatur	MCP9802A0T-M/OT	Digitaler Temperatursensor, angesteuert über I2C, mit Alert-Funktion	Microchip	Farnell	2.70 CHF
Kraft	BC302	Für Low cost Anwendungen, Aufsetzkkräfte, Stellkräfte, Andrückkräfte bei Maschinen, Messbereich 3-100kg	Transmetra	Transmetra.ch	390.00 CHF
Druck	MPX4115A	Absolut Luftdrucksensor	Motorola	MicroSPS.com	17.95 EU
Beschleunigung	LIS3L02AS4	Linearer 3-Achsen Beschleunigungssensor	ST	Distrelec	23.99 CHF
Länge	GP2D12	Laufzeitmesser mit Infrarot, Analoger Spannungsangang	Sharp	robotikhardware.de	13.60 EU
Bewegung	AMN14112	Miniatur Bewegungssensor 10m (Infrarot)	Panasonic	Distrelec	40.89 CHF
Licht	T 9060 23	Lichtabhängiger Widerstand LDR	PerkinElmer	Distrelec	6.24 CHF
Feuchte	HIH4000-001	Relativer Feuchtesensor mit linearem Ausgang	Honeywell	Distrelec	48.31 CHF
Gas	MQ-3	Alkohol Gassensor	HANWEI ELETRONICS	sparkfun.com	4.95 USD
Kapazitives Feld	QT511	Proximity-Sensors mit drei Elektroden, SPI Interface	Quantum	Farnell	21.55 CHF
Winkelgeschwindigkeit	ENC-03JA	Piezoelektrische Vibrationen Gyroskope	Murata	MicroSPS.com	15.00 EU
Magnetischer Sensor	MicroMag 2-Axis	Sensor für magnetische Felder zu messen	PNI	sparkfun.com	52.95 USD
Magnetischer Sensor Module	CMPS03	Elektronischer Kompass Fertigmodule	Devantech Ltd	robotikhardware.de	40.95 EUR

16. Schlusswort

Es gibt erstaunlicherweise sehr viele Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Sensortypen. Zur Bestimmung unterschiedlicher Eigenschaften wie Druck und Feuchtigkeit werden zum Teil die gleichen, grundsätzlichen Messverfahren verwendet.

Das Gebiet der Sensortechnik ist riesig und in dieser sehr gekürzten Form einer Dokumentation nicht annähernd tiefgründig zu beschreiben. Daher rate ich an, für weitere Informationen die Quellenangaben durchzugehen und detailliertere Informationen im Internet nachzuschlagen. Trotzdem floss, aus meiner Sicht, viel Interessantes in diese Dokumentation und rief in mir des öfters eine gewisse Faszination hervor.

Leider reichte die uns zur Verfügung gestellte Zeit während dem Schulunterricht überhaupt nicht, eine so grosse Aufgabenstellung zu bewältigen. So musste ich sehr viele Stunden zu Hause und bei der Arbeit dafür aufbringen um möglichst jeden Sensor abzuarbeiten.

Viele der Sensoren waren mir von der Arbeit her bereits bekannt. Insbesondere durch den Quadrocopter, den wir bei uns als Lehrlingsprojekt realisierten. Die Schwierigkeiten waren hauptsächlich das Recherchieren, da auf vielen Internetseiten Sensoren zum Verkauf stehen, nicht aber deren Funktionsweise erklären.

Alles in allem war es doch eine spannende Aufgabe, trotz des sehr knappen Zeitplanes.

17. Quellen

17.1. Literatur

Peter Zastrow, Fromeln, ISBN: 3-92-4544-64-6

Westermann, Informatik Tabellen Geräte- und Systemtechnik, ISBN: 3-14-235037-3

Franzis, Das grosse Werkbuch der Elektronik Band 2, ISBN: 3-7723-6546-9

17.2. Internet

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sensor>

http://www.hameg.com/downloads/fachartikel/HAMEG_FeuerUndEis.pdf

<http://de.wikipedia.org/wiki/Heissleiter>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kaltleiter>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Drucksensor>

http://www.electrade.com/html/produkte/sensorik_fsr.htm

<http://www.kfztech.de/kfztechnik/elo/sensoren/drucksensor.jpg>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Beschleunigungssensor>

http://www.emt.tugraz.at/publications/diplomarbeiten/da_unterweg/2_4Beschleunigungsmessung.html

<http://www.esensors.net/>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hygrometer>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hallsonde>

http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistiver_Effekt

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hall-Effekt>

<http://de.wikipedia.org/wiki/AMR-Effekt>

<http://de.wikipedia.org/wiki/GMR-Sensor>

<http://ch.farnell.com/>

<http://www.iqo.uni-hannover.de/ap/versuche/D07b.pdf>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fotowiderstand>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fotodiode>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fototransistor>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lambdasonde>

<http://imperia.mi-verlag.de/imperia/md/upload/article/623ag0107.pdf>

<http://www.qprox.com/technologies/qtouch.html>

http://www.qprox.com/assets/Downloadablefile/e511_200-16118.pdf

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kreiselkompass>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bewegungsmelder>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Entfernungsmessung>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftaufnehmer>

18. Arbeitsjournal

Datum	Zeit	Geplante Arbeit	Erledigte Arbeit
19.08.09	0:45	Auftrag erhalten	Auftrag erhalten
09.09.09	0:45	Vorgehensweise	Vorgehensweise erarbeiten
16.09.09	3:00	Struktur definieren	Struktur definieren, Word-Vorlage erstellt, Einleitung
19.09.09	2:30	Dokumentation	Temperatursensor
21.09.09	8:00	Dokumentation	Drucksensor, Beschleunigungssensor, Feuchtigkeitssensor, Distanzsensor
22.09.09	4:30	Dokumentation	Optische Sensoren, Winkelgeschwindigkeitssensor
23.09.09	2:30	Dokumentation	Chemischer Sensor, Kapazitivefeldsensor, Magnetsensor
25.09.09	4:00	Dokumentation und Sensortypen	Kraftsensor, Bewegungssensor, Sensortypen gesucht mit dazugehörigen Datenblätter
27.09.09	2:30	Dokumentation fertig	Schlusswort, Rechtschreibung prüfen, alles fertig machen
01.10.09	0:30	Drucken	Ausdrucken und binden
03.10.06	0:30	CD	CD mit Datenblätter brennen
Total	29:30	Stunden	

19. Anhang

19.1. CD

19.1.1. Dokumentation (pdf)

19.1.2. Datenblätter

- Temperatur MCP9802A0T-M/OT
- Kraft BC302
- Druck MPX4115A
- Beschleunigung LIS3L02AS4
- Länge GP2D12
- Bewegung AMN14112
- Licht T 9060 23
- Feuchte HIH4000-001
- Gas MQ-3
- Kapazitives Feld QT511
- Winkelgeschwindigkeit ENC-03JA
- Magnetischer Sesor MicroMag 2-Axis
- Magnetischer Sensor CMPS03