AMSYS

Analog - Digitale
Mikromechanische
Sensorsysteme

Typisch Schweiz: Ein barometrischer Sensor mit hoher Präzision

Der MS5534 ist ein miniaturisierter Drucksensor für barometrische Anwendungen aus Schweizer Fertigung, der sich durch eine Reihe herausragender Eigenschaften auszeichnet. Dazu gehören:

- ***Hohe Genauigkeit***
- ***Geringer Stromverbrauch***
- ***Kleine Baugröße***

Wie solche Merkmale mit modernen Technologien verwirklicht werden können, ist Inhalt des nachstehenden Artikels.

Herstellungstechnologie

Der MS5534 [2] basiert auf drei verschiedenen Herstellungstechnologien. Kernstück der Sensoren ist die *Siliziummeßzelle* (siehe Abbildung 1), die nach dem piezoresistiven Prinzip arbeitet. Sie hat als druckempfindliches Element eine dünne Membrane, die anisotrop aus dem Siliziumkörper ausgeätzt wird. An geeigneten Stellen sind lokal Fremdatome in den Siliziumkristall eindiffundiert, so daß Zonen mit geänderter Leitfähigkeit entstehen, die elektrisch als Widerstände in Erscheinung treten. Sobald der Druck auf die Meßzelle einwirkt, deformiert sich die dünne Siliziummembran. Durch die auftretenden inneren Kräften wird die molekulare Struktur des Kristalls reversibel verändert. Insbesondere in den Widerstandsgebieten finden im Kristallgitter starke Potentialverschiebungen statt, die zu einer meßbaren Änderung der elektrischen Werte führen (Piezoeffekt). Diese Widerstände sind zu einer Brücke geschaltet, so daß man bei Strom- oder Spannungseinprägung eine druckabhängige, elektrische Spannung erhält. Da diese elektronisch/physikalischen Wandlerelemente mit den Methoden der Halbleitertechnologie hergestellt werden, genügen sie den hohen Ansprüchen in bezug auf Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit, durch die sich z.B. integrierte Schaltungen (ICs) seit langem auszeichnen.

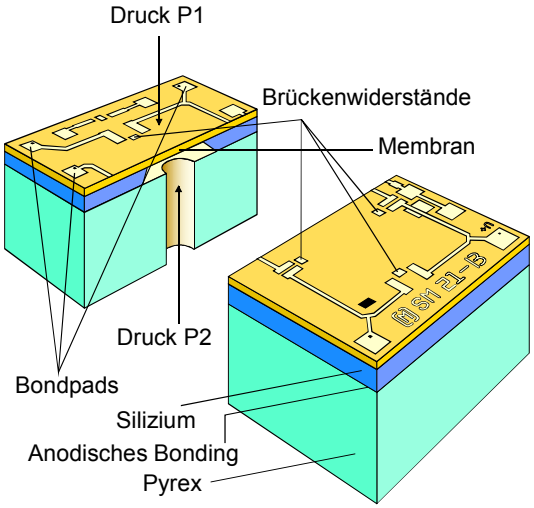

Abbildung 1: Schnittbild piezoresistive Druckmeßzelle

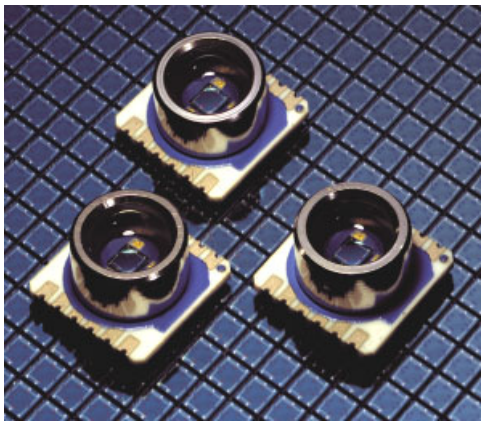

Abbildung 2: MS5534 auf Wafer mit Silizium Druckelementen

Die Siliziummeßzelle ist auf einem *Dickschichtsubstrat* auf Keramikbasis aufgebracht (siehe Abbildung 2) und mit Golddrähten mit den Lötpads des Substrats elektrisch verbunden. Hier nutzt man die Eigenschaft des Keramikmaterials aus, das annähernd den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie die Siliziummeßzelle hat und dadurch thermische Spannungen reduziert. Dieses Keramiksubstrat gestattet andererseits die Verwendung von Standard-SMD-Equipment mit Pick & Place-Automaten, seine seitlichen PbSn-Anschlüssen die Lötung per Reflow bzw. Gasphase.

Die Meßzelle selbst ist durch eine Plastikkappe beziehungsweise Metallkappe mit Gelfüllung gegen Berührung und Feuchtigkeit geschützt.

Kundenspezifische Signalauswerteschaltung

Auf der Rückseite des Substrates befindet sich eine *anwendungsspezifische integrierte Schaltung* (ASIC), welche die Signalverarbeitung übernimmt. Dieses ASIC dient zur Signalaufnahme und wandelt quasi als Analog-Digital-Wandler-System die nicht korrigierten analogen Signale der Meßzelle in digitale Informationen in Form von 15bit-Werten für Druck und Temperatur um. Das ASIC besteht aus einem Multiplexer, einem A/D-Wandler, einem PROM und einem Digitalinterface.

Eine spezielle Ansteuertechnik (Multiplexbetrieb) erlaubt den Betrieb des Sensors mit sehr geringer Leistungsaufnahme. Dadurch wird der empfindliche Sensor nicht nennenswert erwärmt. Das Resultat ist eine hervorragende Stabilität des Drucksignals.

Der A/D-Wandler selbst ist in Switched-Capacitor Technik mit Dünnfilmelementen auf Silizium realisiert. Der sogenannte BiCMOS (Bipolar Enhanced CMOS) zeichnet sich durch ultrastabile Widerstände und sehr geringe Schwellspannungen aus.

Für eine komplette 15bit-Wandlung benötigt die Schaltung nur 132 Takte und kommt daher mit einem einfachen 32.768KHz Clocksignal aus. (Dies ist wichtig für Uhrenanwendungen.) Der Wandler mißt neben der Ausgangsspannung der Meßzelle auch ihren temperaturabhängingen Brückenwiderstand. Dieses Signal wird zur Kompensation des temperaturabhängigen Drucksignals verwendet, ist allerdings auch als sehr fein auflösendes Thermometer benutzbar (0,01°C Auflösung). Durch die Verwendung des Brückenwiderstandes zur direkten Temperaturmessung (keine unnötigen Temperaturgradienten zwischen Meßzelle und Temperatursensor!) zeigt die Kompensationsmethode des Sensors auch bei starken Temperaturwechseln ihre Leistungsfähigkeit.

Der A/D-Wandler ist auf eine gute Linearität und geringes Rauschen über den gesamten Betriebsspannungs- und Temperaturbereich optimiert. Dadurch sind hochauflösende Höhenmesser mit einem Meter Auflösung ohne spezielle programmtechnische Kniffe einfach realisierbar.

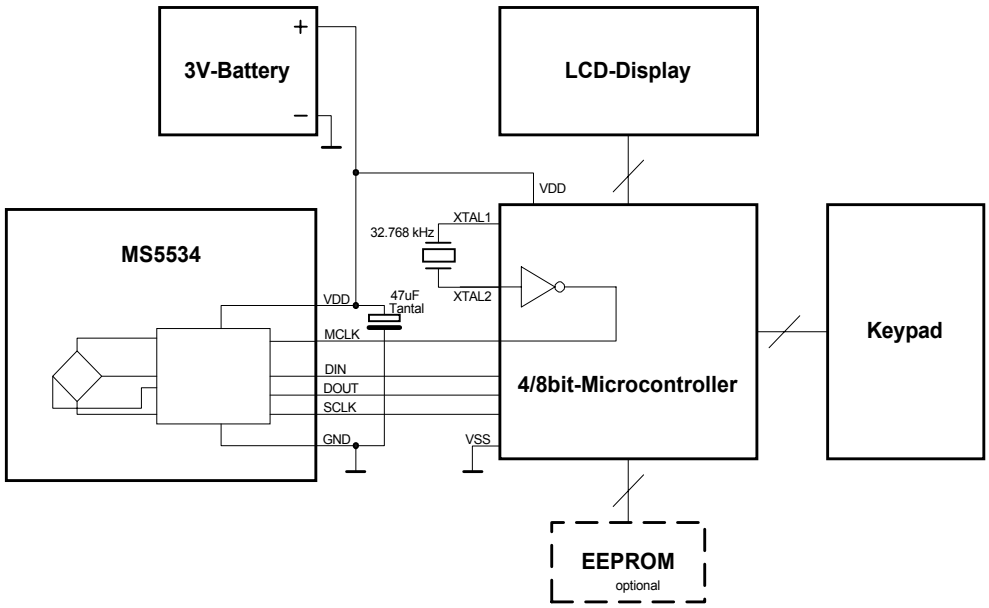

Abbildung 3: Prinzipschaltung eines Sensorsystems auf der Grundlage des MS5534

Typisch Schweiz: Ein barometrischer Sensor mit hoher Präzision

Korrekturdaten „On Chip“

Das ASIC bildet also die Schnittstelle zwischen piezoresistiver Druckmeßzelle und einem externen 4bit-Kontroller (siehe Abbildung 3). Dazu ist es in der Lage, die Korrekturkoeffizienten in seinem internen PROM zu speichern, wodurch sämtliche Fehler und Herstellungstoleranzen der Meßzelle, daß heißt Nullpunktfehler, Nichtlinearitäten und Empfindlichkeitsstreuung, sowie die ASIC-internen Fehler korrigiert werden können.

Die Ermittlung der Korrekturwerte erfolgt ab Werk in speziellen Klimakammern, welche den Sensor einem vorgegebenen Temperatur- bzw. Druckprofil aussetzten.

Der Anwender benötigt keine speziellen Kenntnisse über Korrekturalgorithmen, sondern kann sich ganz auf die Programmierung der Umrechnungsformeln für Druck und Temperatur und deren Anzeige auf dem Display konzentrieren.

Nach Power-On Reset werden die Korrekturdaten des Sensors automatisch gelesen. Anschließend werden in einer Schleife abwechselnd der nicht kompensierte Druck- und Temperaturwert an den Ausgang bereitgestellt. Eine einfache Rechnung mit nur einer 16bit Multiplikation errechnet den korrigierten Druckwert und die Temperatur.

Die Möglichkeit, den Sensor auf der Grundlage interner individueller Korrekturdaten und mit Hilfe eines externen 4Bit-Prozessors kalibrieren und kompensieren zu können, erlaubt dem Benutzer ein Maximum an Flexibilität in seiner Systemarchitektur. Von besonderem Interesse ist der Sensor daher für die Anwendungen, die aus Gründen des übergeordneten Systems bereits einen Prozessor voraussetzen.

Dabei werden keine besonderen Anforderungen an den benutzten Prozessor gestellt. Die Kommunikation läuft direkt über eine serielle Drei-Draht-Schnittstelle ab, so daß außerdem keine speziellen Interface-Bausteine für die Systemkommunikation benötigt werden.

Der Sensor erzielt eine Auflösung und Meßgenauigkeit, die denen eines hochgenauen Labormeßgeräts vergleichbar sind. Dies belegen Entwicklungen, die in nächster Zeit in neuen Produkten einfließen werden. So kann als typische Auflösung ein Wert von 0,1mbar bei 1bar Meßbereich angegeben werden.

Anwendungsbeispiele

Im *Outdoor-Bereich* werden Sportuhren in Zukunft die Höhe mit einem Meter Auflösung und besser erfassen. Fahrradcomputer werden aus der zurückgelegten Wegstrecke und der Höhendifferenz die umgesetzte Leistung des Radfahrers zur Trainingskontrolle ermitteln. Es wird für Bergfahrten die Hangneigung in % angezeigt. Für den Skiläufer besteht die Möglichkeit sich die Anzahl der zurückgelegten Abfahrten oder die mittlere gefahrene Geschwindigkeit anzeigen zu lassen. Alle diese Funktionen basieren auf präzisen, batteriebetriebenen Drucksensoren

GPS-Empfänger benötigen Drucksensoren zur besseren Höhenfeinauflösung. Das heute bestehende Problem von Sprüngen in der Höhenanzeige bei Empfangsverlust von Satelliten (z.B. Kurvenflug bei Segelflugzeugen) wird durch Einsatz eines Drucksensors behoben.

Abbildung 4: Schweizer Taschenmesser der Firma Victorinox [3] mit eingebautem Höhenmesser

Stromverbrauch

Die Verwendung des MS5534 als Höhenmesser in einer Digitaluhr demonstriert sehr gut die Möglichkeiten des Drucksensors. Bei einer Druckmessung pro Sekunde liegt der mittlere Stromverbrauch bei 5µA. Im Stand-By-Modus liegt der Stromverbrauch bei 0,5µA. Sogar mit einer sehr kleinen CR1215 (3V/36mAh) Lithium-Knopfzelle kommt man damit auf eine Batterielebensdauer von über einem Jahr.

Baugröße

Der komplette Drucksensor mißt 9 × 9 × 3,2mm³ und hat damit Abmessungen, auf denen andere Anbieter gerade die Meßzelle und höchstens ein Korrekturnetzwerk unterbringen. In Abbildung 4 ist ein Schweizer Messer dargestellt, in dem ein MS5534 die jeweilige Höhe mißt.

Der Drucksensor MS5534 kann eben seine Herkunft aus der Schweiz nicht verleugnen.

Weiterführende Informationen

[1] Detaillierte Informationen zu den Drucksensoren der AMSYS: http://www.amsys.de

[2] Datenblatt MS5534: http://www.amsys.de/sheets/english/ms5534a.pdf

[3] Homepage von Victorinox: http://www.victorinox.com/

Kontaktaufnahme

AMSYS GmbH & Co. KG
An der Fahrt 13, D – 55124 Mainz
Internet: http://www.amsys.de

Telefon: +49 (0) 6131/469875 – 0
Telefax: +49 (0) 6131/469875 – 66
E-Mail: info@amsys.de

Notizen: