

7 Zusammenfassung

Innerhalb dieser Arbeit wurde ein Konzept untersucht, mit dem die Temperaturstörempfindlichkeit von SAW - basierten Chemosensorsystemen in Zweitoroszillatorarchitektur unterdrückt werden sollte. Das Prinzip besteht darin, den Temperatureinfluss auf den Sensoroszillator festzustellen und beim Sensoreinsatz durch ein entsprechendes Steuerungskonzept zu kompensieren. Als Eingangsgröße für die Steuerung diente die Temperatur, die über einen NTC – Sensor detektiert wurde.

In einem ersten Schritt wurde das Temperaturverhalten aller beteiligten Komponenten des Zweitor- Oszillators inklusive des SAW – Sensors (433 – MHz – Zweitor - Resonator) untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

1. Das Verhalten der Oszillatorfrequenz des Sensoroszillators, wenn dieser kurzzeitigen Temperaturschwankungen ausgesetzt wird. Das Oszillatorfrequenzprofil über einen Temperaturbereich zwischen 25 °C und 35 °C verhält sich bei unterschiedlichen Messungen mit gleichen Messparametern nicht identisch, d.h. keine Profilkurve konnte reproduziert werden. Die Größenordnung der Differenz zwischen den Profilen liegt bei 11,5 ppm der Oszillatorfrequenz.
2. Die Oszillatorfrequenz des Sensoroszillators, wenn die Temperatur der Umgebung des Oszillators über einen längeren Zeitraum konstant gehalten wird, variiert um 1 kHz. Dies entspricht einem Faktor von 2,5 ppm der Oszillatorfrequenz.
3. Bei der Messung der Oszillatorfrequenz, die durch die Erwärmung von 0 °C auf 90 °C und die Abkühlung von 90 °C auf 0° C auftritt, beobachtet man unterschiedliche Oszillatorfrequenzprofile über der Temperatur (Hysterese). Der Effekt liegt in der Größenordnung von maximal 20 ppm der Oszillatorfrequenz.
4. Jeder Sensoroszillator verhält sich in Bezug auf die Oszillatorfrequenz, trotz gleichem Aufbau und gleichem SAW – Sensor, unterschiedlich. Wie groß der Einfluss dieses Effekts auf die Oszillatorfrequenz ist, hängt von den integrierten Bauteilen und dem Aufbau ab. Messungen ergaben einen Unterschied von 15 ppm der Oszillatorfrequenz beim temperaturkompensierten Oszillator.
5. Die Klimakammer, innerhalb deren die Messungen stattfinden sollte eine Genauigkeit von mindestens 0,1 °C aufweisen. Dieser Wert ist einzuhalten, da bei der Bestimmung der Steuerparameter die Genauigkeit der Temperatur am SAW – Element einen Fehleranteil einbringt. Die Größenordnung dieses Fehlers hängt von der eingestellten Temperatur ab, da die Steigung des parabelförmigen Oszillatorfrequenzprofils über die Temperatur eine unterschiedliche Steigung bei jedem Temperaturwert aufweist. Die Größenordnung geht von 0,01 ppm bis zu maximal 20 ppm der Oszilla-

torfrequenz, wenn die Genauigkeit der Temperatureinstellung kleiner als 1 °C ist. Dies entspricht einem Wert von 4,33 Hz bis 9 kHz Unterschied bei der Bestimmung der Oszillatorfrequenz bei einer bestimmten Temperatur.

6. Für die Messung der Temperatur, die für die Zuordnung der Steuerparameter entscheidend ist, sind NTC – Element bezüglich ihrer Anbringung und der daraus resultierenden Genauigkeit zu ungenau, da die Temperatur direkt am SAW – Element bestimmt werden muss.
7. Das Temperaturverhalten des SAW – Element überwiegt dem der Elektronik. Entscheidend ist die Temperatur am SAW – Element und die Kompensation des resultierenden Effekts daraus. Die Änderung der Resonanzfrequenz eines SAW – Bauelements über die Temperatur beträgt ca. 40 kHz. Dies entspricht 90 ppm der Resonanzfrequenz. Die Änderung der Oszillatorfrequenz, eines vermessenen Sensorsystems mit dem gleichen SAW – Element als frequenzbestimmendes Bauteil, über die gleiche Temperaturspanne wie bei der Bestimmung des Resonanzfrequenzprofils des SAW – Elements beträgt ca. 45 kHz. Daraus folgt, dass 5 kHz oder 11,5 ppm der Oszillatorfrequenz als Fehleranteil in Bezug auf das Temperaturverhalten aus der Elektronik stammen.

Das Steuerungskonzept verwendet eine microcontrollergesteuerte Architektur. Das Konzept beruht darauf, dass sich durch eine Veränderung des Phasengangs innerhalb des Oszillators die Oszillatorfrequenz ändert, weil dann der Phasenanteil der Schwingbedingung bei einer anderen Frequenz erfüllt ist. Durch Messung der Ist – Temperatur (mit einem NTC - Sensor) und Generierung einer kompensierenden Phasenverschiebung lässt sich daher der Temperatureinfluss vermindern. Hier wurde die Phasenverschiebung durch einen spannungsgesteuerten Phasenschieber bewerkstelligt. Der eingesetzte Microcontroller generiert je nach Temperatur eine entsprechende Steuerspannung für den Phasenschieber.

Damit konnte der Temperaturgang eines Sensoroszillators um einen Faktor von ca. drei im Bereich von 5 °C bis 50 °C reduziert werden. Damit konnte die prinzipielle Funktionstüchtigkeit des untersuchten Steuerungskonzeptes demonstriert werden. Allerdings bleibt die Unterdrückung der Temperaturstörempflichkeit unter der erhofften Größenordnung. Die Analyse des Aufbaus ergab folgendes Verbesserungspotential:

1. Das Temperaturverhalten aller Komponenten des Oszillators geht kritisch in die zur Kennlinienkorrektur verwendeten Parameter ein. Es ist daher von hoher Wichtigkeit, dieses Temperaturverhalten in einer sehr gut kontrollierbaren Umgebung festzustellen. Die Genauigkeit der eingesetzten Klimakammer von 1 °C reicht dazu nicht aus.
2. Die Bestimmung bzw. Berechnung der Steuerparameter hat Einfluss auf das resultierende Oszillatorfrequenzprofil über die Temperatur. Daher ist es wichtig, eine Mög-

lichkeit zu finden, die die Berechnung dieser Parameter verbessert. Es gelang nicht die gemessenen Oszillatorfrequenzen bei unterschiedlichen Steuerspannungen für den Phasenschieber einer Funktion zu zuweisen, die das Verhalten genau beschreibt. Durch eine Erhöhung der Auflösung und der Messwerte wäre eine Verbesserung möglich.

3. Im Bereich der Temperaturstabilität der SAW – Zweitor – Resonatoren liegt ein Fehler der in jede Messung eingeht. Es ist nicht möglich, einer bestimmten Temperatur eine feste Oszillatorfrequenz zu zuordnen.
4. Die gemessene Temperatur definiert, welche Steuerspannung der Microcontroller ausgibt, daher ist es entscheidend, dass diese am relevanten Ort bestimmt wird. Das SAW – Element hat den größten Einfluss auf das Oszillatorfrequenzprofil über die Temperatur. Daher sollte der Temperatursensor auf diesem sitzen. Mit den verwendeten NTC – Sensoren war dies nicht möglich.
5. Durch die Auflösung des Analog – Digital – Umsetzers und die des Ausgangssignals des Microcontrollers wird die kleinste Veränderung des Phasengangs bestimmt. Durch eine Erhöhung dieser Auflösung wird die Genauigkeit zunehmen. Die verwendete 10 Bit – Auflösung hat eine Unterteilung von 0,13 °C.

Als besonders kritischer Punkt stellte sich heraus, dass im aufgebauten Oszillator die Schwingbedingung an der rechten Flanke der SAW – Resonanzspitze erfüllt war. Dies ließ nur wenig Spielraum für die Steuerung.

8 Ausblick

Die prinzipiell erfolgreiche Demonstration des Steuerungskonzeptes zur Verbesserung der Temperaturstörempefindlichkeit eines oszillatorbasierten SAW – Sensorsystems legt es nahe, den eingeschlagenen Weg weiter zu verfolgen und das Systemverhalten zu optimieren.

Verbesserungen hinsichtlich der Messumgebung bei der Generierung der Steuerparameter ließen sich durch eine Klimakammer mit einer höheren Genauigkeit bewerkstelligen. Diese Parameter können auch durch mehrere Messungen und eine höhere Auflösung verbessert werden. Dadurch wird auch die anschließende Berechnung der Steuerparameter erleichtert.

Vertieft werden sollten die Untersuchungen hinsichtlich des Langzeiteffekts und des Kurzzeitverhaltens der SAW – Elemente über die Temperatur sowie der Möglichkeit, den Arbeitstemperaturbereich zu erweitern.