

Grobskizze des Projektvorhabens

Breitbandiger, adaptierbarer MEMS-Beschleunigungssensor für Industrie 4.0-Anwendungen (BABS4.0)

Projektziel

In Kooperation mit der Fritz-Hüttinger-Proffessur für Mikroelektronik plant Hahn-Schickard im Rahmen des AiF-Projektes BABS4.0 einen innovativen und universell einsetzbaren, dreiachsigen Mikro-Elektro-Mechanischen (MEM)-Beschleunigungssensor für Industrie-4.0-Anwendungen zu entwickeln. Dieser soll sich durch eine hohe Signalbandbreite, die Adaptierbarkeit des Messbereiches sowie eine geringe Stromaufnahme auszeichnen.

Grundprinzip

Die Grundidee besteht darin, ein kapazitives MEM-Sensorelement in eine geschlossene Regelschleife einzubetten. Hierbei wird der mechanische Resonator durch elektrostatische Rückstellkräfte in seiner Ruhelage gehalten, wobei die Messinformation dann aus dem Rückstellsignal gewonnen werden kann. Die Implementierung der Regelschleife in Form eines elektromechanischen Delta-Sigma Modulators ist in Abbildung 1 dargestellt. Diese Umsetzung ist unter anderem vorteilhaft, da sie eine inhärente Digitalisierung des Sensorsignales beinhaltet.

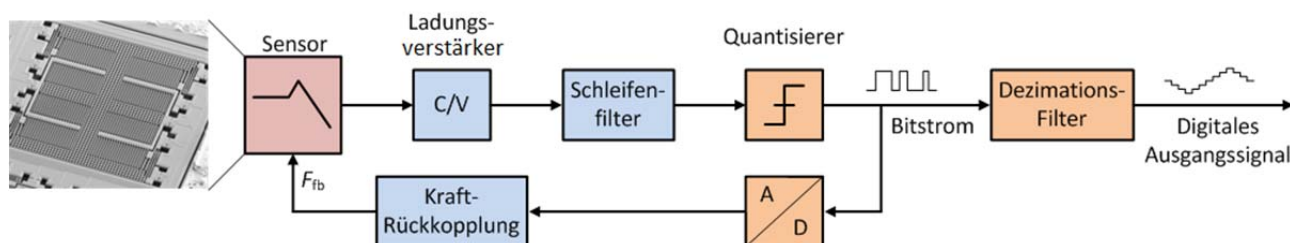


Abbildung 1: Der kapazitive MEM-Beschleunigungssensor wird in einen elektromechanischen Delta-Sigma Modulator integriert.

Systeme, bei denen die Beschleunigung ungerregelt detektiert wird, weisen eine Signalbandbreite von ca. einem Drittel der Resonanzfrequenz des Sensors auf. Darüber hinaus werden Amplitude und Phase durch das Resonanzverhalten zu stark verfälscht. Eine Erhöhung der Resonanzfrequenz geht jedoch mit einem quadratischen Abfall der Sensitivität des Sensors einher. Wird eine elektromechanische Regelschleife genutzt, kann die Signalbandbreite des MEMS über die Resonanzfrequenz des mechanischen Sensors hinaus erhöht werden. So kann beispielsweise mit einem Sensorelement, welches eine Resonanzfrequenz von 7 kHz aufweist, eine Signalbandbreite von 20 kHz erreicht werden.

Ein weiterer Fokus des Vorhabens zielt auf eine möglichst vielseitige Anwendbarkeit des Sensors. So soll man den Messbereich durch einstellbare Kräfte rückkopplungspegel auswählen können. Zusätzlich sollen adaptierbare Schleifen- und Dezimationsfilter es ermöglichen, Dynamikumfang, Bandbreite und Leistungsaufnahme für die jeweilige Zielanwendung optimieren zu können.



Gegenüberstellung zu derzeit verfügbaren Beschleunigungssensoren

Mit dem beschriebenen Konzept soll es möglich werden mit günstigen, leichten und kompakten, kapazitiven MEM-Beschleunigungssensoren in den Frequenzbereich vorzudringen, welcher bisher miniaturisierten piezoelektrischen und piezoresistiven Sensoren vorbehalten war.

Im Gegensatz zu drahtgebundenen piezoelektrischen Sensoren mit analogem Ausgang ermöglicht die inhärente A/D-Wandlung der angestrebten Lösung nicht nur eine störungssichere digitale Signalübertragung sondern auch eine lokale Datenvorverarbeitung unmittelbar am Sensormodul. Mit der vergleichsweise geringen Stromaufnahme des Sensors erlaubt dies insbesondere auch die Implementierung drahtlos kommunizierender, energieautonom bzw. -autarker Sensorknoten.

Vorläufige Zielspezifikation des Beschleunigungssensors

Sensortyp	kapazitiv
Messbereich	$\pm 1g, \pm 5g, \pm 10g, \pm 20g$ (einstellbar)
Sensitivität	8.19 LSB/mg ($\pm 1g$)
Bandbreite	0-20 kHz
Gemittelte Rauschdichte über 20 kHz Bandbreite	20 $\mu g/\sqrt{Hz}$
Rauschen	2.8 mg
Ausgangssignal	digital, 14 Bit
Leistungsaufnahme	5 mW

Nachfrage und potentielle Anwendungsfelder

Die vierte industrielle Revolution geht mit einer kontinuierlich ansteigenden Nachfrage nach Systemen zur Zustandsüberwachung von Werkzeugen, Maschinen und Produktionsanlagen einher. Diese Überwachung befähigt zur Ablösung einer präventiven oder korrektiven durch eine zustandsbedingte Wartung, wodurch Maschinenlebensdauer und Sicherheit erhöht, die Möglichkeiten der Vorausplanung verbessert und die Betriebskosten reduziert werden können.

Die Bereitstellung von breitbandiger und adaptierbarer Sensorik auf Basis kostengünstiger, energieeffizienter und hochintegrierter MEMS, welche nicht zuletzt auch die Erschließung drahtloser Anwendungen ermöglicht, wird die Verbreitung von Zustandsüberwachungssystemen weiter steigern. Denkbare Anwendungsgebiete sind u.a.:

- Maschinenüberwachung
- Werkzeugüberwachung
- Kavitationserkennung
- Drehlagerüberwachung

Ihr Ansprechpartner

Matthias Dienger, Hahn-Schickard, Inertiale Sensorsysteme,
Tel.: +49 7721 943 151, Mail: Matthias.Dienger@Hahn-Schickard.de

Sebastian Neßler, Institut für Mikrosystemtechnik – IMTEK, Fritz-Hüttinger-Professur für Mikroelektronik,
Tel.: +49 761 203 67550, Mail: Sebastian.Nessler@imtek.uni-freiburg.de