

Kapazitiver Beschleunigungssensor

Bezeichnungen: kapazitiver Beschleunigungssensor, induktiver Beschleunigungssensor, piezoelektrischer Beschleunigungssensor, Si-Mikrosystem

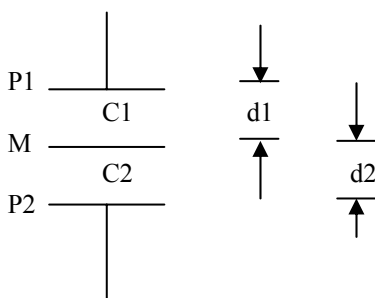
Messprinzip / Physikalisches Gesetz

Bei einem einfachen Plattenkondensator mit vorgegebener Querschnittfläche A ändert die Kapazität C bei Veränderung des Abstandes d der Elektrodenplatten. In diesem Fall gilt ganz allgemein:

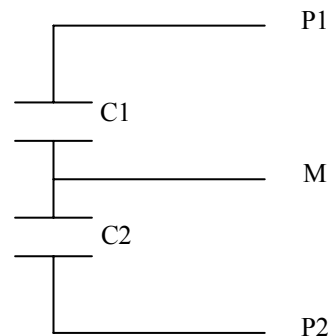
$$C(d) = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A / d$$

Das Messelement für die Beschleunigung ist jedoch kein einfacher, sondern ein erweiterter Plattenkondensator, der durch eine zusätzliche Elektrodenplatte in zwei Teilkondensatoren geteilt ist. Im folgenden ist er mit einer Skizze beschrieben:

Skizze vom Funktionsschema / Modell



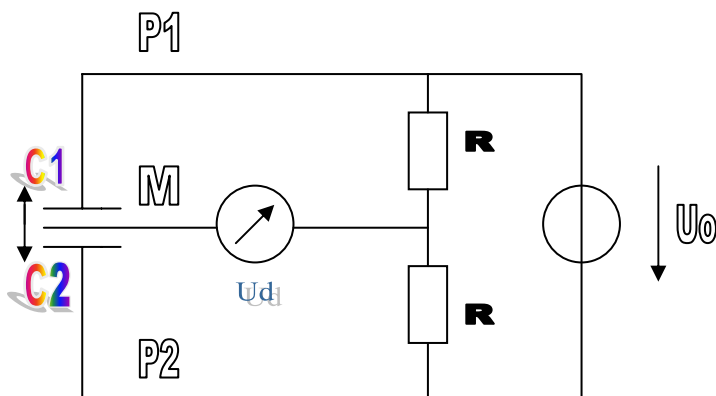
Ersatzschaltbild



Wie aus der Skizze und dem zugehörigen Ersatzschaltbild ersichtlich ist, können wir uns gedanklich zwei Kondensatoren in Reihe geschaltet vorstellen.

Während die Elektrodenplatten P1 und P2 fix montiert sind, ist die mittlere Elektrodenplatte M elastisch gelagert und hat zudem eine fixe Masse. Wirkt auf ihr eine Kraft, so verschiebt sie sich um eine gewisse Distanz. Ist die Kraft weg, so geht sie wieder in ihre ursprüngliche Position zurück. Dadurch verändern sich die Abstände $d1$ und $d2$ und somit die Kapazitäten $C1$ und $C2$.

Dieser komplexe Kondensator mit der mittleren zusätzlichen Elektrode lässt sich für die Beschleunigungsmessung vorteilhaft nutzen. Wie bereits erwähnt, ist die mittlere Elektrodenplatte elastisch gelagert. Ihr mechanisches Verhalten aufgrund der Trägheitskraft gibt die Möglichkeit, Beschleunigungen auf elektrischer Art zu messen. Zudem lässt sich diese Bauart mit den drei Elektroden für eine Brückenschaltung elegant ausnützen, weil dies als Ergebnis einen linearen Zusammenhang zwischen Beschleunigung und zu messender Spannung liefert.



$$U_d = - \frac{U_o}{2} * \frac{m}{c * d} * a$$

U_d = die zu messende Spannung

U_o = Speisespannung

m = Masse der mittleren Elektrodenplatte

c = Federkonstante der elastischen Lagerung

d = Abstand zweier Elektrodenplatten

Die Größen c , m und d sind interne Größen des Kondensators.

Skizze mechanisch / elektrisch

Prinzip / Bauformen

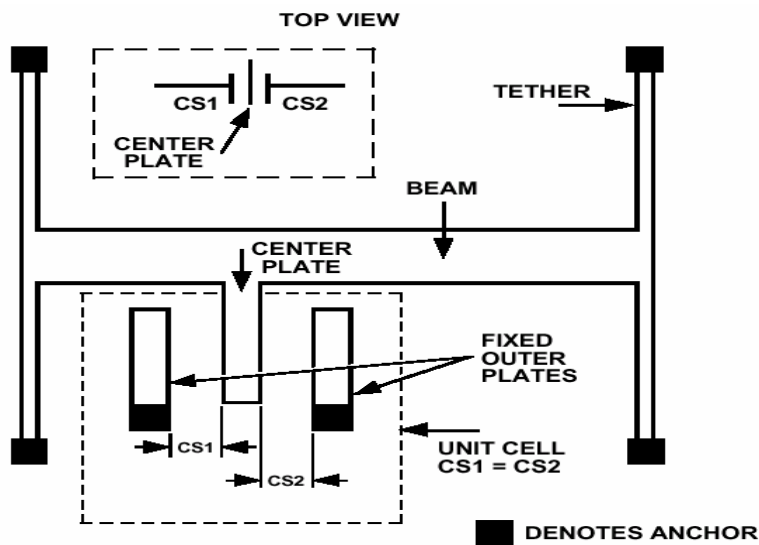
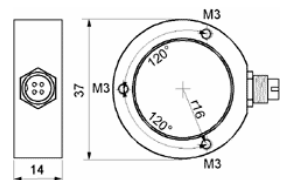
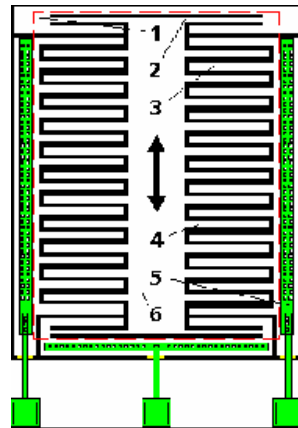
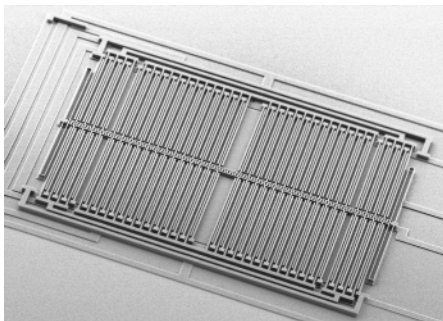


Figure 16. A Simplified Diagram of the ADXL50 Sensor at Rest

Funktionsweisen / Produktvarianten



Beschleunigungssensor in SIMOX-Technologie der Firma Fraunhofer

Beschleunigungssensor CB41 der Firma IDS Innomic

Größenordnung: Ruhekapazitäten $C_0 = 0.1\text{pF}$, Abstand der Platten $l_0 = 1.3\mu\text{m}$, maximale Auslenkung bei Beschleunigung = 50g beträgt 22 nm ($g = \text{Erdbeschleunigung } 9.81 \text{ m/s}^2$), Masse der Mittelelektrode 0.1 μg , Querschnittsfläche $380 \times 580 \mu\text{m}^2$

Technische Daten kommerzieller Produkte

Messbereiche	2g, 3g, 5g, 10g, 100g (g = Erdbeschleunigung 9.81 m/s ²)
Genauigkeit / Fehler	0.2%, 1% v. Mw.
Temperatur / Umgebung	0 °C bis 70°C oder -40°C bis 105°C
Versorgungsspannung	5V, 9V
Empfindlichkeiten	15 mV/g, 100 mV/g, 200mV/g bis 1 V/g
Auflösung	0.1g
Bandbreiten	bis 1 kHz, bis 2kHz
Kosten	ab 200 Euro für Millionenstückzahlen < Fr. 10.--
Vorteile	-hohe Empfindlichkeit in der Beschleunigungsmessung, sehr genaue Messungen -grosse Temperaturstabilität und grosser Temperaturarbeitsbereich -unempfindlich gegenüber äussere elektrische und magnetische Felder -linearer Zusammenhang zwischen Beschleunigung und zu messender Spannung -hohe Überlastfestigkeit
Nachteile	-teuer
Anwendungsbereiche	-Messungen an Fahrzeugen, Maschinen, Gebäuden, Anlagen zur Prozesssteuerung und -regelung sowie zur Fehlerdiagnose -Vibrationsmessung -Sicherheitstechnik -dynamische Orts- und Geschwindigkeitsbestimmung -Messungen an Aufzügen, Maschinen, Schlitten, Kränen, Biomechanik, Neigungen

Quellen, Links

Literatur / Normen

- [1] J.Niebuhr, G.Lindner; Physikalische Messtechnik mit Sensoren; ISBN 3-486-23614-8; Auflage 1996
- [2] Raymond Kleger, Sensorik für Praktiker, ISBN 3-905214-32-6, Auflage 1998
- [3] Edmund Schiessle, Sensortechnik und Messwertaufnahme, ISBN 3-8023-0470-5, Auflage 1992
- [4] Jörg Hoffmann, Messen nichtelektrischer Grössen, ISBN 3-18-401562-9, Auflage 1996
- [5] Christof Rohrbach, Handbuch für elektrisches Messen mechanischer Grössen, keine ISBN vorhanden, Auflage 1967
- [6] Harry Herold, Sensortechnik, ISBN 3-7785-2138-1, Auflage 1993
- [7] Wolfgang Weiler, Handbuch der physikalisch-technischen Kraftmessung, ISBN 3-528-08945-8, Auflage 1993
- [8] Wolf-Dieter Schmidt, Sensorschaltungstechnik Elektronik 8, ISBN 3-8023-1574-X, Auflage 1997

Hersteller / Distributoren

Firmen	Produkte	Links
TEMIC Sensorsysteme	Sensorsysteme, elektronische Steuergeräte Sensoren für Motorfahr- zeuge	http://www.temic.de/d/index.htm?popup
Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme	Drucksensorik, Magnetfeldsensorik, Bildsensorik, Sensorsignalverarbeitung	http://www.ims.fhg.de/datenblaetter/beschleunigungssensorik/besch-d.html http://www.isit.fhg.de/german/mst/maxima.html
IDS Innomic	Sensoren für Schwin- gungsmesstechnik, Kalibriersysteme,	http://www.metra.de/html/deutsch/sensoren/cb41.htm
BMC	Messsysteme, Sensoren, Messkarten, Messkomponenten, Industrienotebooks, Software	http://www.bmc.de/main_fs.php4
Gatterbauer	Geräte, Komponenten und	http://www.gmt.at/inhalt/senso/detail/BD,BDK.php3?art=BD,BDK

